

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC971 U.S. PTO  
09/917839  
07/31/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-237625

出 願 人

Applicant(s):

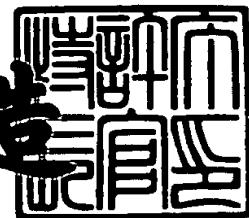
オリンパス光学工業株式会社

#2  
9/19/01  
M. Prudgen

2001年 6月20日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3058362

【書類名】 特許願

【整理番号】 00P00998

【提出日】 平成12年 8月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 21/06

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 福山 宏也

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代表者】 岸本 正壽

【代理人】

【識別番号】 100065824

【氏名又は名称】 篠原 泰司

【選任した代理人】

【識別番号】 100104983

【氏名又は名称】 藤中 雅之

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 017938

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9710227

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 対物レンズユニット、対物レンズユニットを有する光学装置及びその光学装置を用いた観察方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対物レンズと、該対物レンズを空間的に移動させることができるように保持する対物レンズ保持手段と、該対物レンズを駆動する少なくとも一組のアクチュエーターと、該対物レンズ、対物レンズ保持手段およびアクチュエーターを一体的に保持する外枠部材とを備えたことを特徴とする対物レンズユニット。

【請求項 2】 対物レンズと、該対物レンズを空間的に移動させることができるように保持する対物レンズ保持手段と、該対物レンズを駆動する少なくとも一組のアクチュエーターと、該対物レンズ、対物レンズ保持手段およびアクチュエーターを一体的に保持する外枠部材とを備えた対物レンズユニットを有することを特徴とする光学装置。

【請求項 3】 対物レンズと、該対物レンズを空間的に移動させることができるように保持する対物レンズ保持手段と、該対物レンズを駆動する少なくとも一組のアクチュエーターと、該対物レンズ、対物レンズ保持手段およびアクチュエーターを一体的に保持する外枠部材とを備えた対物レンズユニットを有し、かつ、平行平面形状の透明部材を前記対物レンズの先端に配置した光学装置を用いて、前記対物レンズと前記透明部材との間、及び前記透明部材と試料との間を略同じ屈折率を有する透明液体媒質で満たして試料を観察することを特徴とする対物レンズユニットを有する光学装置を用いた観察方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は顕微鏡分野、特に対物レンズ走査型顕微鏡、に用いられる対物レンズユニット、対物レンズユニットを有する光学装置及びその光学装置を用いた観察方法に関する。

【0002】

## 【従来の技術】

光ビームを試料に対して走査させることによって画像を得る所謂走査型顕微鏡は、昔から研究され、実用化されている。そのうちの一つのタイプに、特開平3-87804号公報に開示されているマーチン・R・ハリスによる方法を用いた走査型顕微鏡がある。この顕微鏡は、試料と対物レンズとを固定して光ビームを試料に対して走査する所謂ビーム走査型顕微鏡であり、例えば、レーザー発振管から出たレーザービームを光ファイバーで顕微鏡本体に導き、そのビームをガルバノミラー等のスキャナーを介して顕微鏡光学系に導入することによって、試料上に形成した光ビームを走査し、試料からの信号光を照明光とは逆の経路をたどらせて、その途中に設けた光分岐手段によってその信号光を取り出し、光検出器で検出するというものである。

## 【0003】

また、これとは別タイプの走査型顕微鏡としては、Davidovitsらによって開発された顕微鏡が、公表されている (Paul Davidovits and M. David Egger, "Scanning Laser Microscope", Nature, p.831, Vol.223, August 23, 1969)。この顕微鏡は、試料と照明光ビームを固定して対物レンズを試料に対して走査する所謂対物レンズ走査型顕微鏡であり、例えば、対物レンズの瞳径よりも大きな径の平行レーザービームを対物レンズに導き、前記対物レンズを光軸と直交する方向に駆動することによって試料上の光ビームを走査し、試料からの信号光を結像レンズで集光し、光検出器で検出するというものである。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記ハリスの方法を用いた走査型顕微鏡では、レーザー発振管や光検出器を顕微鏡本体およびスキャナーとは別に置き、それらを光ファイバーで接続するため、システム全体が高価で、かつ大きくかさばるものになってしまう。また、対物レンズを固定したビーム走査方式であるために、広い視野を観察するためには、光学系、特に対物レンズの収差を、軸上から高い像高までの広範囲にわたって、十分に補正する必要がある。しかし、そのようなレンズ設計は容易でなく、特に、使用できる硝材が大きく制限される紫外線域においては困難である。

## 【0005】

一方、上記Davidovitsの方法を用いた走査型顕微鏡では、対物レンズを走査する方式なので、顕微鏡本体に対物レンズを駆動する機構を必要とし、さらに外部からレーザービームを導入する構造が組み込まれているため、通常の顕微鏡観察のための照明や対物レンズの切替えが容易ではない。

## 【0006】

さらに、上記これらの従来技術に共通する課題として、液浸観察におけるZ方向走査時の振動が及ぼす問題がある。

Z方向（すなわち光軸方向）の走査においては、対物レンズ走査型顕微鏡のみならず、ビーム走査型顕微鏡であっても、対物レンズまたは試料台をアクチュエーターによって駆動する必要がある。したがって、走査速度が上がると、対物レンズ駆動の場合はその振動がイマージョン液を介して試料に伝達し、また、試料台駆動の場合は試料自体が振動を直接受けるため、観察に悪影響を及ぼす。

なお、対物レンズ走査型顕微鏡の場合には、Z方向のみならず、XY方向であってもレンズ走査によって同様な悪影響を及ぼすことは言うまでもない。

## 【0007】

さらに、たとえば神経生理学の分野では、生体試料上において互いに離れた複数箇所を、高倍率で同時に観察したいという要求がある。例えば、神経細胞内の信号伝達物質を蛍光染料でマーキングして蛍光測定・観察をすることにより、伝達の様子を観察する、といった研究があるが、この種の研究には、刺激する部位と、刺激する部位から数mm～数十mm離れた複数の箇所を、高分解能で同時に測定・観察したいという要求がある。

## 【0008】

しかし、従来の一般的な顕微鏡や走査型顕微鏡の技術では、この要求に応えることは難しい。なぜならば、分解能を確保するために高NAの対物レンズを用いると、高倍率により視野が狭くなるために、観察したい複数の箇所を捕らえることができず、一方、視野内にこれらの対象を捕らえるために低倍率・広視野の対物レンズを用いると、そのNAの低さのために分解能が低くなるからである。例えば、NAが0.7以上（分解能0.5 $\mu$ m程度）の高分解能対物レンズは、倍

率が20倍以上と高く、したがって、視野は狭く、試料面上でおよそ $\phi 1\text{ mm}$ 以下しかない。これでは、数 $\text{mm}$ 離れた複数の箇所は視野内に入らない。一方、 $\phi 20\text{ mm}$ 程度の広い視野を有する倍率が1倍前後の対物レンズは、NAが0.04程度（分解能 $8\text{ }\mu\text{ m}$ 程度）の低分解能なので、必要な細部観察をすることができない。

## 【0009】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたもので、小型で安価で高分解能、かつ普通の顕微鏡観察との切り替えを容易に行なうことができる、対物レンズユニット、対物レンズユニットを有する光学装置及びその光学装置を用いた観察方法を提供することを目的とする。

## 【0010】

また本発明は、液浸観察時の走査振動による像への悪影響を防ぐ機能や、試料上において互いに離れている複数箇所を同時かつ高倍率で観察する機能を備えた対物レンズユニット、対物レンズユニットを有する光学装置及びその光学装置を用いた観察方法を提供することを目的とする。

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段および作用】

上記課題を解決するための本第1の発明による対物レンズユニットは、対物レンズと、該対物レンズを空間的に移動させることができるように保持する対物レンズ保持手段と、該対物レンズを駆動する少なくとも一組のアクチュエーターと、該対物レンズ、対物レンズ保持手段およびアクチュエーターを一体的に保持する外枠部材とを備えたことを特徴とする。

## 【0012】

また、本第2の発明による対物レンズユニット有する光学装置は、対物レンズと、該対物レンズを空間的に移動させることができるように保持する対物レンズ保持手段と、該対物レンズを駆動する少なくとも一組のアクチュエーターと、該対物レンズ、対物レンズ保持手段およびアクチュエーターを一体的に保持する外枠部材とを備えた対物レンズユニットを有することを特徴とする。

## 【0013】

また、本第 3 の発明による対物レンズユニット有する光学装置を用いた観察方法は、対物レンズと、該対物レンズを空間的に移動させることができるように保持する対物レンズ保持手段と、該対物レンズを駆動する少なくとも一組のアクチュエーターと、該対物レンズ、対物レンズ保持手段およびアクチュエーターを一体的に保持する外枠部材とを備えた対物レンズユニットを有し、かつ、平行平面形状の透明部材を前記対物レンズの先端に配置した光学装置を用いて、前記対物レンズと前記透明部材との間、及び前記透明部材と試料との間を略同じ屈折率を有する透明液体媒質で満たして試料を観察することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果について説明する。

まず、本第 1 の発明の作用効果について説明する。

本第 1 の発明によれば、軸上光束のみを集光するため、収差の少ないスポット光を形成することができる。また、この対物レンズユニットを光学装置に取り付けて走査型光学装置を構成する場合、光学装置側で走査機構を要しないため光学装置全体を小型化することができる。

【 0 0 1 5 】

次に、本第 2 の発明の作用効果について説明する。

本第 2 の発明によれば、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

【 0 0 1 6 】

次に、本第 3 の発明の作用効果について説明する。

本第 3 の発明によれば、対物レンズユニットと試料との間が液体で満たされている場合であっても、対物レンズの走査に伴う振動は透明部材によって遮断され試料に到達しないので試料が振動することがない。よって、試料の鮮明な像が得られる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レ



ンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

【 0 0 1 7 】

また、本第 4 の発明として、本第 1 の発明の対物レンズユニットは、発光器と光検出器とを兼ね備えた素子と、該素子からの光を前記対物レンズに導入すると同時に、前記対物レンズを通過した試料からの信号光を再び前記素子に導入する光リレー光学系とを備えるのが好ましい。

本第 4 の発明によれば、対物レンズユニット内に光源、走査機構及び光検出器を有するため、この対物レンズユニットを光学装置に取付けるだけで、走査型光学装置を構成することができる。

【 0 0 1 8 】

また、本第 5 の発明として、本第 1 の発明の対物レンズユニットは、光源と、光検出器と、該光源からの光を前記対物レンズに導入するとともに前記対物レンズを通過してきた信号光を該光検出器に導入する光分割・合成部材とを備えるのが好ましい。

本第 5 の発明によれば、上述の本第 4 の発明と同様に、対物レンズユニット内に光源、走査機構及び光検出器を有するため、この対物レンズユニットを光学装置に取付けるだけで、走査型光学装置を構成することができる。また、光源と光検出器とが別々に構成されているため、蛍光など光源と異なる波長を有する信号光の検出を行なうことができる。

【 0 0 1 9 】

また、本第 6 の発明として、本第 1、第 4、第 5 のいずれかの発明の対物レンズユニットは、3 組のアクチュエーターを備え、第 1 のアクチュエーターを、前記対物レンズを第 1 の方向に移動させるように配置し、第 2 のアクチュエーターを、前記対物レンズを前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に移動させるように配置し、第 3 のアクチュエーターを、前記対物レンズを前記第 1 及び第 2 のいずれの方向とも異なる第 3 の方向に移動させるように配置するのが好ましい。

本第 6 の発明によれば、スポット光を光軸と垂直な面内、及び光軸方向に移動

させることができ、試料の 3 次元情報を得ることができる。

【 0 0 2 0 】

また、本第 7 の発明として、本第 1、第 4 ～第 6 のいずれかの発明の対物レンズユニットは、前記外枠部材が平行平面形状の透明部材を有し、該透明部材が前記対物レンズの先端に配置されているのが好ましい。

本第 7 の発明によれば、対物レンズユニットと試料の間が液体で満たされている場合であっても、対物レンズの走査に伴う振動は透明部材によって遮断され試料に到達しないので試料が振動することがない。よって、試料の鮮明な像が得られる。

【 0 0 2 1 】

また、本第 8 の発明として、本第 1、第 4 ～第 7 のいずれかの発明の対物レンズユニットは、対物レンズ保持手段が複数の対物レンズを保持するように構成するのが好ましい。

本第 8 の発明によれば、複数の対物レンズによって試料内の離れた位置にある複数の領域が同時に走査されるので、複数の領域の像を一度に形成することができ、例えば、神経生理学の分野における神経細胞内の信号伝達の測定に適する。

【 0 0 2 2 】

また、本第 9 の発明として、本第 1、第 4 ～第 7 のいずれかの発明の対物レンズユニットは、前記外枠部材が、対物レンズと、対物レンズ保持手段と、アクチュエーターとよりなるユニットを、複数ユニット有しているのが好ましい。

【 0 0 2 3 】

本第 9 の発明によれば、複数の対物レンズを同期して走査させる場合は、上記第 8 の発明と同様に試料内の離れた位置にある複数の領域が同時に走査されるので、複数の領域の像を一度に形成することができる。また、個々に走査させる場合は各対物レンズごとに走査速度と走査幅を変えることができるので、観察対象に応じて空間分解能、S/N 比等を考慮し、最適な走査条件で像を得ることができる。

【 0 0 2 4 】

また、本第 10 の発明として、本第 2 の発明の光学装置は、前記対物レンズユ

ニットが、発光器と光検出器とを兼ね備えた素子と、該素子からの光を前記対物レンズに導入すると同時に、前記対物レンズを通過した試料からの信号光を再び前記素子に導入する光リレー光学系とを備えているのが好ましい。

本第 1 0 の発明によれば、上述の本第 4 の発明と同様に、対物レンズユニット内に光源、走査機構及び光検出器を有するため、この対物レンズユニットを光学装置に取付けるだけで、走査型光学装置を構成することができる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

#### 【 0 0 2 5 】

また、本第 1 1 の発明として、本第 2 の発明の光学装置は、前記対物レンズユニットが、光源と、光検出器と、該光源からの光を前記対物レンズに導入するとともに前記対物レンズを通過してきた信号光を該光検出器に導入する光分割・合成部材とを備えているのが好ましい。

本第 1 1 の発明によれば、上述の本第 5 の発明と同様に、対物レンズユニット内に光源、走査機構及び光検出器を有するため、この対物レンズユニットを光学装置に取付けるだけで、走査型光学装置を構成することができる。また、光源と光検出器とが別々に構成されているため、蛍光など光源と異なる波長を有する信号光の検出を行なうことができる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

#### 【 0 0 2 6 】

また、本第 1 2 の発明として、本第 2、第 1 0、第 1 1 のいずれかの発明の光学装置は、3 組のアクチュエーターを備え、第 1 のアクチュエーターを、前記対物レンズを第 1 の方向に移動させるように配置し、第 2 のアクチュエーターを、前記対物レンズを前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に移動させるように配置

し、第 3 のアクチュエーターを、前記対物レンズを前記第 1 及び第 2 のいずれの方向とも異なる第 3 の方向に移動させるように配置するのが好ましい。

【 0 0 2 7 】

本第 1 2 の発明によれば、上述の本第 6 の発明と同様に、スポット光を光軸と垂直な面内、及び光軸方向に移動させることができ、試料の 3 次元情報を得ることができる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

【 0 0 2 8 】

また、本第 1 3 の発明として、本第 2 又は本第 1 2 の発明の光学装置は、発光器と光検出器とを兼ね備えた素子と、該素子からの光を前記対物レンズに導入すると同時に、前記対物レンズを通過した試料からの信号光を再び前記素子に導入する光リレー光学系とを有する照明・検出ユニットを備えるのが好ましい。

本第 1 3 の発明のように、光源が同時に検出器として機能するように構成すれば、後述の本第 1 4 の発明のような光分割・合成部材が不要となり、照明・検出ユニットを小型化した装置を達成することができる。

【 0 0 2 9 】

また、本第 1 4 の発明として、本第 2 又は第 1 2 の発明の光学装置は、光源と、光検出器と、該光源からの光を前記対物レンズに導入するとともに前記対物レンズを通過してきた信号光を該光検出器に導入する光分割・合成部材とを有する照明・検出ユニットを備えるのが好ましい。

【 0 0 3 0 】

また、本第 1 5 の発明として、本第 1 3 又は第 1 4 の発明の光学装置は、前記照明・検出器ユニットが、前記照明光を前記対物レンズユニットに導くと同時に、信号光を検出器に導く光路変更手段と、該光路変更手段を光路に対して挿脱する光路変更手段移動機構とを備えているのが好ましい。

本第 1 5 の発明によれば、走査型光学顕微鏡観察と従来の顕微鏡観察とを切替

えて行なうことができる。

【 0 0 3 1 】

また、本第 1 6 の発明として、本第 1 3 ～ 1 5 のいずれかの発明の光学装置は、前記光学装置が平行光束を集光する結像レンズを備え、前記照明・検出ユニットが前記結像レンズの射出側に配置されているのが好ましい。

本第 1 6 の発明によれば、カメラ光路を生かしたまま、走査型光学顕微鏡による像が得られる。

【 0 0 3 2 】

また、本第 1 7 の発明として、本第 4 ～ 9、第 1 0 ～ 1 6 のいずれかの光学装置は、前記対物レンズに入射する光が、次の条件式(1)を満足するように構成するのが好ましい。

$$I_{\text{off}}/I_{\text{on}} \geq 0.135 \quad \dots\dots (1)$$

ただし、 $I_{\text{on}}$ は照明光の中心における光強度、 $I_{\text{off}}$ は照明光の中心から  $d + D_p/2$  の半径位置での光強度 ( $D_p$  : 前記対物レンズの瞳径、 $d$  : 前記アクチュエータにより前記対物レンズが移動する際の最大移動量であって、前記照明光の中心から前記対物レンズの光軸までの距離) である。

本第 1 7 の発明によれば、対物レンズが一つの場合であっても複数の場合であっても、照明光は少なくとも対物レンズが移動する範囲内を十分な光強度で満たすようになっているので、対物レンズの瞳に対して照明光束が欠けることなく導入される。よって、極端な分解能の低下や、照明強度(照明光量)の低下を防ぐことができる。

【 0 0 3 3 】

また、本第 1 8 の発明として、本第 2、第 1 0 ～ 1 7 のいずれかの発明の光学装置は、平行平面形状の透明部材が前記対物レンズの先端に配置されているのが好ましい。

本第 1 8 の発明によれば、上述の本第 7 の発明と同様に、対物レンズユニットと試料の間が液体で満たされている場合であっても、対物レンズの走査に伴う振動は透明部材によって遮断され試料に到達しないので試料が振動することがない。よって、試料の鮮明な像が得られる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

## 【 0 0 3 4 】

また、本第 1 9 の発明として、本第 2、第 1 0 ～ 1 8 のいずれかの発明の光学装置は、前記対物レンズ保持手段が複数の対物レンズを保持しているとともに、複数の対物レンズ全てに照明光を入射させる光束を生じる光源と、複数の光検出器とを有しているのが好ましい。

本第 1 9 の発明によれば、上述の本第 8 の発明と同様に、複数の対物レンズによって試料内の離れた位置にある複数の領域が同時に走査されるので、複数の領域の像を一度に形成することができ、例えば、神経生理学の分野における神経細胞内の信号伝達の測定に適する。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

## 【 0 0 3 5 】

また、本第 2 0 の発明として、本第 2、第 1 0 ～ 1 8 のいずれかの発明の光学装置は、前記外枠部材が、対物レンズと、対物レンズ保持手段と、アクチュエーターとよりなるユニットを、複数ユニット有しているのが好ましい。

本第 2 0 の発明によれば、複数の対物レンズを同期して走査させる場合は、上記第 1 9 の発明と同様に、試料内の離れた位置にある複数の領域が同時に走査されるので、複数の領域の像を一度に形成することができる。また、個々に走査させる場合は各対物レンズごとに走査速度と走査幅を変えることができるので、観察対象に応じて空間分解能、S/N 比等を考慮し、最適な走査条件で像を得ることができる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニ

ットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

【 0 0 3 6 】

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

### 第 1 実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第 1 実施例を図 1 ～ 図 7 を用いて説明する。図 1 は第 1 実施例の光学装置である対物レンズ走査型顕微鏡の概略全体構成図、図 2 は第 1 実施例における照明・検出器ユニットの構成を示す図であり、(a)は上方からみた概略構成図、(b)は側方からみた概略構成図である。図 3 は第 1 実施例における対物レンズユニットの枠の構成を一部断面で示す側面図である。図 4 は図 3 の対物レンズユニットの具体的な構成を示す図であり、(a)は像側から見た一部断面で示す平面図、(b)は一部断面で示す側面図、(c)は試料側から見た一部断面で示す底面図である。図 5 は第 1 実施例における制御部の概略構成を示すブロック図、図 6 は第 1 実施例における瞳面における対物レンズ瞳と照明光束の照度分布との関係を示すグラフである。

本実施例の光学装置は、半導体や金属のような、工業用材料や工業製品の観察に適合するレーザー走査型顕微鏡、所謂 L S M を構成している。

【 0 0 3 7 】

本発明の第 1 実施例の光学装置である対物レンズ走査型顕微鏡 1 0 0 は、図 1 に示すように、光源および光検出器を有する照明・検出器ユニット 1 0 1 と、対物レンズおよび対物レンズを走査するアクチュエーターを有する対物レンズユニット 2 0 1 と、これらの照明・検出器ユニット 1 0 1 と対物レンズユニット 2 0 1 とを備えた光学顕微鏡本体 1 と、光源およびアクチュエーターを制御すると同時に光検出器からの信号をもとに画像信号を生成する制御部 3 0 1 と、画像を表示するモニター 3 0 3 とで構成されている。

顕微鏡本体 1 は、通常観察用の対物レンズ 7、鏡筒 4、接眼レンズ 5 を備えており、レボルバ 3 を操作して対物レンズ 7 を本体光路 9 上に位置合せするとともに、後述するつまみ 1 0 2 を操作して照明・検出器ユニット 1 0 1 内部の光学要素を移動させて、本体光路 9 を対物レンズ 7 から鏡筒 4 に至るまで素通り状態に

すれば、通常観察をすることができるようになっている。なお、図中、2はステージ、6はベース、9'は接眼レンズ5を通る観察光路である。

#### 【0038】

照明・検出器ユニット101は、図2(a)に示すように、半導体レーザー発振器106と、コリメーターレンズ107と、偏光ビームスプリッター108と、 $\lambda/4$ 板109と、光路切替え部材111を備えた直角プリズム110と、集光レンズ112と、共焦点ピンホール113-aを備えた共焦点／非共焦点切替え部材113と、シリコンフォトダイオード148等とを備えて構成されている。半導体レーザー発振器106からは、それぞれ用途によって決められた赤外、赤色、緑色、青色、紫色等の波長の発散光137-1が射出されるようになっている。

#### 【0039】

本照明・検出器ユニットでは、半導体レーザー発振器から発散光137-1が射出されると、発散光137-1は、コリメーターレンズ107を介して平行光束137-2になり、偏光ビームスプリッター108に入射し、偏光ビームスプリッター108の反射面で反射することによって直線偏光光束137-3になり、 $\lambda/4$ 板109に入射する。 $\lambda/4$ 板109は、その光軸方向が直線偏光光束137-3の偏光振動方向と45度をなすように取り付けられており、直線偏光光束137-3は、 $\lambda/4$ 板109を透過することによって円偏光光束137-4になり、光路切替え部材111上に載置された直角プリズム110に入射する。直角プリズム110に入射した直線偏光光束137-3は、図2(b)に示すように、直角プリズム110の反射面で反射して外側カバー114に設けられた下側開口部127から射出し、図示しない対物レンズを介して試料上の一点を照明する。

#### 【0040】

この照明光は、試料上で反射・散乱し、信号光の円偏光光束128-1として照明光と同一光路をたどって戻ってくる。すなわち、円偏光光束128-1は、下側開口部127から入射して、直角プリズム110の反射面で反射し、 $\lambda/4$ 板109を透過する。 $\lambda/4$ 板109を透過した信号光は、試料上で反射する前



の平行光束の照明光 1 3 7 - 2 の段階で 1 回、試料上で反射した後の円偏光光束の信号光 1 2 8 - 1 の段階で 1 回の、合計 2 回 2 / 4 板 1 0 9 を通ったことになるので、直線偏光光束 1 2 8 - 2 になる。

#### 【 0 0 4 1 】

このとき直線偏光光束 1 2 8 - 2 は、直線偏光成分の振動方向が、直線偏光光束 1 3 7 - 3 の直線偏光成分の振動方向と直交するので、偏光ビームスプリッター 1 0 8 を透過して、集光レンズ 1 1 2 を介して収束光束 1 2 8 - 3 になり、共焦点 / 非共焦点切替え部材 1 1 3 上に設けられた共焦点ピンホール 1 1 3 - a 上に結像する。

共焦点ピンホール 1 1 3 - a は、半導体レーザー発振器 1 0 6 の射出口 1 0 6 - a に対して共焦点光学系を構成している。したがって信号光である収束光束 1 2 8 - 3 のうち、合焦成分のみが共焦点ピンホール 1 1 3 - a を透過し、シリコンフォトダイオード 1 4 8 を介して光電信号に変換される。

#### 【 0 0 4 2 】

なお、共焦点 / 非共焦点切替え部材 1 1 3 上には、共焦点ピンホール 1 1 3 - a の他に、信号光における焦点ずれ成分も透過するだけの大きさを持った非共焦点開口 1 1 3 - b が設けられており、1 1 3 に連動するつまみ 1 0 3 を操作することにより、共焦点ピンホール 1 1 3 - a と非共焦点開口 1 1 3 - b とを自在に選択して信号光の光路上に位置合わせすること、すなわち共焦点光学系と非共焦点光学系とに切替えることができるようになっている。

#### 【 0 0 4 3 】

また、直角プリズム 1 1 0 は、光路切替え部材 1 1 1 に連動するつまみ 1 0 2 を操作することにより、顕微鏡本体の光路 9 に対して挿脱が自在であり、図 2 において、直角プリズム 1 1 0 を本体光路 9 上に挿入した場合（図中 1 0 2、1 1 1 で示す実線の位置に位置する場合）には、上述のように機能する。一方、直角プリズム 1 1 0 を本体光路 9 上から退避させた場合（図中 1 0 2、1 1 1' で示す二点鎖線の位置に位置する場合）には、本体光路 9 上で下側開口部 1 2 7 と上側開口部 1 2 8 との間が素通しとなり、したがって、図 1 に示す対物レンズ 7、鏡筒 4 および接眼レンズ 5 による通常観察が可能になる。なお、図 2 (b) の 1 2

8' は通常観察をした場合の試料からの反射光を示している。

#### 【 0 0 4 4 】

対物レンズユニット 2 0 1 は、図 3 及び図 4 に示すように、外枠 2 0 4 と、内枠 2 1 7 と、対物レンズ 2 1 0 と、対物レンズ枠 2 0 8 と、平行バネ 2 0 7 と、中間支持体 2 0 6 と、渦巻き状板バネ 2 0 5 - a, b と、VCM (ボイスコイルモーター) 2 1 5 y z および 2 1 5 x z 等とで構成されている。図 3 に示すように、外枠 2 0 4 は、対物レンズユニット 2 0 1 を図 1 に示すレボルバ 3 に取り付けるためのオスネジ 2 3 9 および開口 2 4 0 を有するとともに、図 4 に示すような内枠 2 1 7 等よりなる対物レンズコンポーネント 2 0 3 を保持している (ただし、図 3 においては、対物レンズコンポーネント 2 0 3 の内部を省略して示している)。

#### 【 0 0 4 5 】

内枠 2 1 7 は、図 4 (a), (b) に示すように、平行に配置された 2 組の渦巻き状板バネ 2 0 5 - a および 2 0 5 - b を介して中間支持体 2 0 6 を弾性的に保持し、中間支持体 2 0 6 の動きを Z 方向にのみ可動となるように規制している。

中間支持体 2 0 6 は、光路となる開口 2 4 1 を有している。また、中間支持体 2 0 6 は、弾性体からなる 4 本の棒状平行バネ 2 0 7 を介してレンズ枠 2 0 8 を弾性的に保持し、レンズ枠 2 0 8 の動きを中間支持体 2 0 6 に対して X Y 方向に可動となるように規制している。このため、レンズ枠 2 0 8 およびレンズ枠 2 0 8 に固定された対物レンズ 2 1 0 は、内枠 2 1 7 に対して回転方向には動かないが、X Y Z 方向への移動が自在に可能であるように、弾性的に保持されている。

#### 【 0 0 4 6 】

また、内枠 2 1 7 は、図 4 (a), (c) に示すように、レンズ枠 2 0 8 を X Z 方向に駆動するための VCM 2 1 5 x z およびレンズ枠 2 0 8 を Y Z 方向に駆動するための VCM 2 1 5 y z を、それぞれ 2 個ずつ保持している。VCM 2 1 5 x z と VCM 2 1 5 y z は、内枠 2 1 7 に対する取り付け方向だけが異なる、共に同じ構造を有する 2 軸のアクチュエーターであり、図 4 (a) に示すように、それぞれ、永久磁石 2 1 2 と、ヨーク 2 1 1 と、2 個の Z 方向駆動コイル 2 1 3 (図 4 (b) 参照) と、X 方向または Y 方向へ駆動する水平方向駆動コイル 2 1 4 とで構

成されている。水平方向駆動コイル 2 1 4 は、X Z 方向駆動用 VCM 2 1 5 x z においては X 方向駆動コイル 2 1 4 x となり、Y Z 方向駆動用 VCM 2 1 5 y z においては Y 方向駆動コイル 2 1 4 y となる。

## 【 0 0 4 7 】

2 個の X Z 方向駆動用 VCM 2 1 5 x z は、互いに、X 方向駆動コイル 2 1 4 x に発生する電磁力が X 方向に一致すると共に、2 個の Z 方向駆動コイル 2 1 3 に発生する電磁力が Z 方向に一致し、かつ光軸 2 4 2 を挟んで対向する位置に配置されている。X 方向駆動コイル 2 1 4 x は、2 個の Z 方向駆動コイル 2 1 3 と共にレンズ枠 2 0 8 に固定されている。

## 【 0 0 4 8 】

2 個の Y Z 方向駆動用 VCM 2 1 5 y z も、2 個の X Z 方向駆動用 VCM 2 1 5 x z と同様に、互いに、Y 方向駆動コイル 2 1 4 y に発生する電磁力が Y 方向に一致し、2 個の Z 方向駆動コイル 2 1 3 に発生する電磁力が Z 方向に一致し、かつ光軸 2 4 2 を挟んで対向する位置に配置されている。Y 方向駆動コイル 2 1 4 y は、2 個の Z 方向駆動コイル 2 1 3 と共に対物レンズ枠 2 0 8 に固定されている。

## 【 0 0 4 9 】

本実施例では、対物レンズユニット 2 0 1 をこのように構成したので、X Z 方向駆動用 VCM 2 1 5 x z および Y Z 方向駆動用 VCM 2 1 5 y z を駆動することによって、対物レンズ 2 1 0 の位置を、X、Y、Z の 3 軸方向にそれぞれ独立的に移動するように制御することができる。

## 【 0 0 5 0 】

内枠 2 1 7 の底面部は、図 4 (b) に示すように、蓋 2 0 9 で覆われており、図 (c) に示すように、蓋 2 0 9 の中央部に設けられた開口 2 4 3 から対物レンズ枠 2 0 8 をのぞかせている。開口 2 4 3 は、対物レンズ枠 2 0 8 の先端部の直径よりも大きく、対物レンズ枠 2 0 8 を走査しても、蓋 2 0 9 と対物レンズ枠 2 0 8 の先端部とが接触することがない程度の大きさをもって形成されている。

## 【 0 0 5 1 】

制御部 3 0 1 は、図 5 に示すように、レーザー駆動回路 3 0 4 と、信号増幅器

3 0 5 と、X 駆動回路 3 0 6 x と、Y 駆動回路 3 0 6 y と、Z 駆動回路 3 0 6 z と、画像生成回路 3 0 7 と、記録装置 3 0 8 とで構成されている。

#### 【 0 0 5 2 】

レーザー駆動回路 3 0 4 は、ケーブル 1 0 4 を介して図 2 に示す照明・検出器ユニット 1 0 1 内の半導体レーザー発振器 1 0 6 を駆動するように構成されている。信号増幅器 3 0 5 は、ケーブル 1 0 5 を介して照明・検出器ユニット 1 0 1 内のシリコンフォトダイオード 1 4 8 からの信号電流を増幅するように構成されている。X 駆動回路 3 0 6 x、Y 駆動回路 3 0 6 y、Z 駆動回路 3 0 6 z は、それぞれ X 方向、Y 方向、Z 方向駆動ケーブル 2 0 2 x、2 0 2 y、2 0 2 z を介して、図 4 に示す対物レンズユニット 2 0 1 内の X 方向駆動コイル 2 1 4 x、Y 方向駆動コイル 2 1 4 y、Z 方向駆動コイル 2 1 3 をそれぞれ駆動するように構成されている。

#### 【 0 0 5 3 】

画像生成回路 3 0 7 は、信号増幅器 3 0 5 からの増幅信号と、X 駆動回路 3 0 6 x、Y 駆動回路 3 0 6 y、Z 駆動回路 3 0 6 z からの駆動信号とから画像信号を生成し、必要に応じてフィルタリング等の画像処理を施し、表示信号としてモニターケーブル 3 0 2 を介して図 1 に示すモニター 3 0 3 や、記録装置 3 0 8 に出力する。記録装置 3 0 8 は、画像生成回路 3 0 7 で生成した画像信号を、情報として半導体メモリー、磁気ディスク、光磁気ディスク等の記憶手段に保存する。

#### 【 0 0 5 4 】

また、本実施例における瞳面での対物レンズ瞳と照明光束の光強度分布との関係について説明すると、図 6 に示すように、照明光束 1 3 9 の光強度分布は、ビーム径が  $w$  のガウシアン分布になる。照明光束 1 3 9 の直径  $w$  は、ビーム中心での光強度  $E_0$  に対して、光強度が  $E_0 / e^2$  (すなわち  $0.135 E_0$ ) となる等高線の直径である。瞳 1 4 0 および 1 4 0' は、口径が  $D_p$  の対物レンズ瞳であり、それぞれ走査停止時と、X 方向に走査幅  $2d$  で走査する場合のそれぞれの場合において瞳がカバーする範囲である。本実施例では、1 4 0' で示す長円領域にわたって対物レンズの瞳に照明光束が導入されるが、この領域はビーム径  $w$  の

範囲に含まれるので、対物レンズの瞳の中で最も光強度が低い場所、すなわち  $d + D_p / 2$  の位置においてもその光強度  $E_{min}$  は  $E_0 / e^2$  以上である。このように、照明光は少なくとも対物レンズが移動する範囲内を十分な光強度で満たすようになっている。そのため、対物レンズの瞳に対して照明光束が欠けることなく導入されることになる。

## 【 0 0 5 5 】

次に、このように構成された本実施例の対物レンズユニットを有する光学装置の作用を説明する。

まず、図 5 に示す制御部 3 0 1 内のレーザー駆動回路 3 0 4 を介して図 2 (a) に示す照明・検出器ユニット 1 0 1 内のレーザー発振器 1 0 6 を駆動し、レーザー発振器 1 0 6 より発散光 1 3 7 - 1 を射出すると、射出された発散光 1 3 7 - 1 は、コリメーターレンズ 1 0 7、偏光ビームスプリッター 1 0 8、 $\lambda / 4$  板 1 0 9、直角プリズム 1 1 0 を経て、円偏光光束 1 3 7 - 4 となって図 2 (b) に示す下側開口 1 2 7 から射出し、図 1 に示すレボルバ 3 に取り付けられた対物レンズユニット 2 0 1 に入射し、図 5 及び図 4 (a), (b) に示す開口 2 4 0 及び 2 4 1 を経て図 4 (c) に示す対物レンズ 2 1 0 に入射し、図 1 に示すステージ 2 に載置された試料上の 1 点に集光する。

## 【 0 0 5 6 】

試料上で散乱・反射した信号光は、照明光とは逆の経路をたどって照明・検出器ユニット 1 0 1 に戻り、図 2 (a) に示す  $\lambda / 4$  板 1 0 9 を透過して直線偏光 1 2 8 - 2 となって偏光ビームスプリッター 1 0 8 を透過し、集光レンズ 1 1 2 を経て共焦点ピンホール 1 1 3 - a 上に焦点を結ぶ。このとき、共焦点ピンホール 1 1 3 - a は共焦点位置にあるので、信号光の合焦成分だけがここを透過し、シリコンフォトダイオード 1 4 8 を介して光電信号に変換される。光電信号は、図 5 に示す制御部 3 0 1 内の信号増幅器 3 0 5 を介して増幅され、増幅信号となる。

## 【 0 0 5 7 】

これと同時に、制御部 3 0 1 内の駆動回路 3 0 6 x、3 0 6 y、3 0 6 z によって図 4 (a) ~ (c) に示す対物レンズユニット 2 0 1 内の Y Z 方向駆動用 VCM 2

1 5 y z および X Z 方向駆動用 V C M 2 1 5 x z が電磁気的作用により駆動し、対物レンズ 2 1 0 が x y z 方向に位置制御され、物体空間中の任意の点、線、面、または空間が、サンプリングまたは走査される。

## 【 0 0 5 8 】

これと同時に、図 5 に示す制御部 3 0 1 の内部では、画像生成回路 3 0 7 を介して、信号増幅器 3 0 5 からの増幅信号と、X 駆動回路 3 0 6 x、Y 駆動回路および Z 駆動回路 3 0 6 z からの駆動信号とから、画像信号を生成し、記録装置 3 0 8 に送って画像情報を記録するか、モニターケーブル 3 0 2 を介してモニター 3 0 3 に送って画像を表示する。このようにして得られた画像は共焦点画像である。

## 【 0 0 5 9 】

なお、この場合、図 1 及び図 2 (a) に示す照明・検出器ユニット 1 0 1 のつまみ 1 0 3 を操作して図 2 (a) に示す光路上の共焦点ピンホール 1 1 3 - a を非共焦点開口 1 1 3 - b に切替えると、信号光 1 2 8 - 3 の合焦成分と非合焦成分とが同時に検出され、非共焦点画像が得られる。

## 【 0 0 6 0 】

また、図 1 及び図 2 (a) に示す照明・検出器ユニット 1 0 1 のつまみ 1 0 2 を操作して図 2 (a) に示す直角プリズム 1 1 0 を本体光路 9 から退避させると共に、図 1 に示す顕微鏡 1 のレボルバ 3 を操作して本体光路 9 上に位置する対物レンズユニット 2 0 1 を普通の対物レンズ 7 に切替えれば、普通の顕微鏡と変わりなく、接眼レンズ 5 を介して通常の顕微鏡観察が可能となる。

## 【 0 0 6 1 】

次に、このように構成された本実施例の効果を説明する。

本実施例の対物レンズユニット 2 0 1 によれば、軸上光束のみを集光するため、収差の少ないスポット光を形成することができる。また、レボルバ 3 を介して光学装置に取付けて走査型光学装置を構成する場合、光学装置側で走査機構を必要としないため光学装置全体を小型化することができる。

また、スポット光を光軸と垂直な面内、及び光軸方向に移動させることができ、試料の 3 次元情報を得ることができる。

また、瞳が欠けることなく照明光束が導入され、極端な分解能の低下、照明光量の低下を防ぐことができる。

また、本実施例の対物レンズユニットを有する対物レンズ走査型顕微鏡によれば、対物レンズユニット 2 0 1 は他の通常の対物レンズ 7 と同様に顕微鏡のレボルバ 3 に取付けることができるので、対物レンズユニット 2 0 1 を本体光路 9 上に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズ 7 を本体光路 9 上に配置すれば通常観察を行なう従来の光学顕微鏡として機能する。

#### 【 0 0 6 2 】

さらには、照明・検出器ユニット 1 0 1 が中間鏡筒の形状をしており、また、対物レンズユニット 2 0 1 が対物レンズの形状をしているので、顕微鏡への取り付けが極めて容易となる。

また、光源として半導体レーザー発振器 1 0 6 を用いているので、ガスレーザーを使う場合に比べて小型で安価なシステムが実現できる。

また、走査方式として対物レンズ走査型を用いているので、対物レンズの像の中で用いる領域は、軸上近傍のみである。すなわち対物レンズの結像特性としては、軸上近傍でのみ収差が補正されていれば良く、したがって構成枚数の少ない簡単なレンズでも十分な質の像が得られる。また、そのようなレンズの設計・製作は容易である。

さらに同じ理由により、対物レンズの大きさ・重さが小さくなり、走査速度を大幅に高速化できる。

#### 【 0 0 6 3 】

次に、第 1 実施例の変形例を図 7 に示す。

図 7 は、対物レンズユニット 2 0 1 の先端部を示す説明図である。他の部分は先の実施例と共通なので、説明を省略する。ここで、蓋 2 0 9 と対物レンズ枠 2 0 8 との間の開口部 2 4 3 は、弾性材料の膜で作られた遮蔽部材 2 1 6 で塞がれている。これにより、開口 2 4 3 から対物レンズユニット 2 0 1 の内部への液体等の異物の侵入を防ぐことができるので、対物レンズユニット 2 0 1 を液浸対物レンズとして用いた場合でも、液体の侵入によって対物レンズユニット 2 0 1 内部の機構が故障する危険がなくなる。また、遮蔽部材 2 1 6 は柔軟性・伸縮性を

増すために、ひだを持つ形状をしているので、この遮蔽部材 2 1 6 の付加により VCM 2 1 5 x z、2 1 5 y z にかかる負荷の増加量をわずかなものに抑えることができる。

#### 【0064】

第 1 実施例のさらに他の変形例として、対物レンズユニット 2 0 1 の対物レンズ 2 1 0 を駆動するアクチュエーターに、非図示の積層圧電アクチュエーター、バイモルフ圧電アクチュエーター、ユニモルフ圧電アクチュエーター等の圧電素子を用いることも可能である。圧電素子は、ボイスコイルモーターに比べると、長いストロークで駆動する用途には不向きであるが、短いストロークを高速で駆動するのに適している。したがって、特に微小な領域を高速で走査し、高倍率の観察を行なう用途に適している。

#### 【0065】

### 第 2 実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第 2 実施例を図 8 及び図 9 を用いて説明する。図 8 は第 2 実施例における照明・検出器ユニットの構成を示す図であり、(a)は上方からみた概略構成図、(b)は側方からみた概略構成図、図 9 は本実施例における制御部の概略構成を示すブロック図である。図中、先の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。なお、本実施例の図示以外の部分は第 1 実施例と共通である。

#### 【0066】

本実施例の照明・検出器ユニット 1 5 5 は第 1 実施例の照明・検出器ユニット 1 0 1 に代わるものであり、光源と光検出手段とを兼ね備えた半導体レーザー発振器 1 5 9 等を備えて構成されている。なお、半導体レーザー発振器 1 5 9 から射出される発散光 1 3 7 - 1 の波長が用途によって決められることは第 1 実施例と同じである。また、本実施例の制御部 3 1 1 は第 1 実施例の制御部 3 0 1 に代わるものであり、p n 接合間電圧モニター回路 3 1 2 等を備えて構成されている。

#### 【0067】

次に、本実施例の作用を説明する。



本実施例の L S M は、半導体や金属のような、工業用材料や工業製品の観察に適合する L S M である。そしてさらに、一つの半導体レーザー素子を、光源兼光検出器として用いる所謂レーザーフィードバック顕微鏡を構成するものである。これは、Juskaitisらによって提案され (R. Juskaitis, N. P. Rea and T. Wilson: Appl. Opt. 33 (1994) 578)、藤田らによってその詳細な報告がなされている (藤田克昌, 河田聡『戻り光によるしきい値制御を利用したレーザーフィードバック顕微鏡』, レーザー研究, 第 2 4 巻, 第 1 0 号, p 1084-1090)。ここではその動作原理の概略を述べ、本実施例の作用と併せて以下に説明する。

## 【 0 0 6 8 】

上述の第 1 実施例の L S M は、図 2 に示したように、信号光 1 2 8 をシリコンフォトダイオード 1 4 8 に導き、半導体レーザー発振器 1 0 6 には戻らないように構成されている。これに対し、本実施例の L S M では、図 8 に示すように、平行信号光 1 5 7 - 1 はプリズムおよびコリメーターレンズ 1 0 7 を経て、収束信号光 1 5 7 - 2 として、全光量が戻り光として半導体レーザー発振器 1 5 9 に入射する。この戻り光は、半導体レーザー発振器 1 5 9 の発振状態に変化をもたらす。

## 【 0 0 6 9 】

一方、図 9 に示す制御部 3 1 1 中のレーザー駆動回路 3 0 4 は、半導体レーザー発振器 1 5 9 を定電流駆動する。以上の条件のもとでは、半導体レーザーの p n 接合間の電圧変化量  $\Delta v$  は、戻り光 (すなわち信号光 1 5 7) の振幅の絶対値  $|s|$  に比例する。すなわち、電圧変化量の 2 乗  $\Delta v^2$  は、信号光の強度  $s^2$  に比例する。従って、p n 接合間電圧モニター回路 3 1 2 によって電圧変化量  $\Delta v$  をモニターすることによって、信号光 1 5 7 の強度を求めることができる。こうして得た信号光 1 5 7 の強度情報を画像生成回路 3 0 7 に入力することによって、第 1 実施例と同様に走査顕微鏡画像が得られる。

## 【 0 0 7 0 】

さらに、図 8 (a) に示す半導体レーザー発振器 1 5 9 の射出口 1 5 9 - a の面積は微小であるだけでなく、これがそのまま入射口 1 5 9 - b としても働くため、おのずと理想的な共焦点光学系が形成される。

## 【 0 0 7 1 】

次に、本実施例の効果を説明する。

上述のように、本実施例によれば、半導体レーザー発振器 1 5 9 が光源と光検出器を兼用しているため、第 1 実施例の偏光ビームスプリッター 1 0 8、 $\lambda/4$  板 1 0 9 のような光分割・合成部材が不要となり、照明・検出器ユニット 1 5 5 を構成する部品点数を少なくすることができ、照明・検出器ユニットの構造をシンプルに、かつ、大きさを小型化した光学装置を達成することができる。また、自動的に理想的な共焦点光学系が形成されるので、従来のように信号光を照明光と分離し、共焦点ピンホールを通し、独立した光検出器によって信号光を検出する方式に比べて、共焦点ピンホールの位置調節という面倒な作業が不要となり、したがって装置自体のコストを低く抑えることができるとともに、良好な信号光情報を得る、すなわち高性能な装置を達成することができる。

## 【 0 0 7 2 】

第 3 実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第 3 実施例を図 1 0 及び図 1 1 を用いて説明する。図 1 0 は本実施例における照明・検出器ユニットの構成を示す図であり、(a) は上方からみた概略構成図、(b) は側方からみた概略構成図、図 1 1 は本実施例の変形例を示す要部説明図である。

本実施例の光学装置は、蛍光観察に適合した顕微鏡を構成している。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。なお、本実施例の図示以外の部分は第 1 実施例と共通であるが、本実施例では、光源にレーザーダイオードを用いないので、制御部 3 0 1 におけるレーザー駆動回路 3 0 4 およびケーブル 1 0 4 は不要である。

## 【 0 0 7 3 】

本実施例の照明・検出器ユニット 1 2 5 は、第 1 実施例の照明・検出器ユニット 1 0 1 に代わるものであり、図 1 0 (a) に示すように、光源装置 1 1 8 と、分光カセット 1 2 4 と、光電子像倍管 1 1 9 を有して構成されている。

光源装置 1 1 8 は、ランプハウス 1 4 5 と、凹面鏡 1 4 4 と、水銀灯 1 1 5 と、コレクターレンズ 1 1 6 と、ピンホール 1 1 7 とを有して構成されている。分

光カセット 1 2 4 は、励起フィルター 1 2 0 と、ダイクロイックミラー 1 2 1 と、吸収フィルター 1 2 2 と、図 1 0 (b) に示すように、つまみ 1 2 3 と、枠 1 5 1 とを有して構成されている。照明・検出器ユニット 1 2 5 の外側のカバー 1 2 6 は、開口 1 4 6 を有し、この開口 1 4 6 から分光カセット 1 2 4 の着脱・交換が自在に可能となっている。

## 【 0 0 7 4 】

次に、本実施例の作用を説明する。

まず、水銀灯 1 1 5 が広帯域照明光 1 2 9 - 1 を発し、広帯域照明光 1 2 9 - 1 が凹面鏡 1 4 4 とコレクターレンズ 1 1 6 を介してピンホール 1 1 7 上に集光される。ここで広帯域照明光 1 2 9 - 1 は、ピンホール 1 1 7 とコリメーターレンズ 1 0 7 とを透過することにより、平行照明光 1 2 9 - 2 となって励起フィルター 1 2 0 に入射し、所望の波長域に絞られた励起光 1 2 9 - 3 となる。このときダイクロイックミラー 1 2 1 は励起光の波長域を反射し、観察対象である蛍光波長域は透過するような特性を有しており、励起光 1 2 9 - 3 は、第 1 実施例と同様の経路を経て試料を照明する。試料が照明されると、試料は、自家蛍光や、目的に応じて処置された蛍光染料の特性に基づいて蛍光 1 3 0 - 1 を発する。この蛍光 1 3 0 - 1 は、照明光と同じ光路を逆の経路をたどって照明・検出器ユニット 1 2 5 に戻り、ダイクロイックミラー 1 2 1 を透過し、吸収フィルター 1 2 2 を介して励起光の成分を完全にカットされた蛍光となり、集光レンズ 1 1 2 によってピンホール 1 1 7 と共焦点系をなすピンホール 1 1 3 - a 上に集光され、これを透過した合焦成分の蛍光 1 3 0 - 3 が、光電子像倍管 1 1 9 に入射して光電信号に変換される。

## 【 0 0 7 5 】

次に、本実施例の効果を説明する。

本実施例によれば、蛍光共焦点顕微鏡を構成したので、蛍光試料、特に生物試料を 3 次元的に観察する用途に適している。

特に、紫外線励起による蛍光共焦点像を観察するための対物レンズとしては、従来のビーム走査型の場合には、紫外域から可視域までの広範囲を、しかも軸上から軸外まで、収差補正をしなければならず、その設計・製作は相当に困難であ

るが、本実施例によれば、上述の第 1 実施例と同様に、走査方式として対物レンズ走査型を用いているので、対物レンズの像の中で用いる領域は、軸上近傍のみであり、すなわち対物レンズの結像特性としては、軸上近傍でのみ収差が補正されていれば良く、したがって構成枚数の少ない簡単なレンズでも十分な質の像が得られる。また、そのようなレンズの設計・製作は容易である。

さらに同じ理由により、対物レンズの大きさや重さが小さくなり、走査速度を大幅に高速化することができる。

また、分光カセット 1 2 4 として種々のものを用意すれば、励起波長と蛍光波長の選択と組合せが自由になることは言うまでもない。

その他の効果は、第 1 実施例とほぼ同様である。

#### 【 0 0 7 6 】

次に、第 3 実施例の変形例を説明する。

本変形例の光学装置は、図 1 0 (a), (b) 中の分光カセット 1 2 4 を、図 1 1 に示すように、偏光ビームスプリッターカセット 1 5 2 に置換して構成したものである。

図 1 1 に示すように、偏光ビームスプリッターカセット 1 5 2 は、UV 透過フィルター 1 5 3 と、偏光ビームスプリッター 1 0 8 と、 $\lambda/4$  板 1 0 9 と、枠 1 5 1 とを、図のように配置した構成となっている。

#### 【 0 0 7 7 】

本変形例では、光源装置 1 1 8、ピンホール 1 1 7、コリメーターレンズ 1 0 7 を透過した平行照明光 1 2 9 - 2 は、UV 透過フィルター 1 5 3 を介して紫外光の波長域に絞られた後、第 1 実施例と同様の経路を経て試料を照明し、その反射光が、第 1 実施例と同様の経路を経て、光電子像倍管 1 1 9 に入射して光電信号に変換される。

そして、この光電信号より図示省略した制御部及びモニター等を介して金属や半導体のような反射試料を共焦点像で観察することができる。

#### 【 0 0 7 8 】

本変形例によれば、紫外線照明（水銀ランプの波長 3 6 5 n m または 2 4 8 n m 帯）によって、可視光線よりも高分解能の観察をすることができる。

【 0 0 7 9 】

#### 第 4 実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第 4 実施例を図 1 2 及び図 1 3 を用いて説明する。図 1 2 は第 4 実施例における照明・検出器ユニットの使用形態を説明するための光学装置の側面図、図 1 3 は第 4 実施例における照明・検出器ユニットの概略構成図である。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は上述の実施例と共通であるので、説明を省略する。

【 0 0 8 0 】

本実施例の照明・検出器ユニット 1 3 1 は、第 1 実施例の照明・検出器ユニット 1 0 1 に代わるものであり、図 1 3 に示すように、スライダ形状をなし、例えば、図 1 2 に示すレボルバ 3 に設けられている偏光フィルタースライダ挿入穴 8 に挿入して使用することができるようになっている。本実施例の照明・検出器ユニット 1 3 1 の基本的な構造は、第 1 実施例と同じであるが、図 1 3 に示す直角プリズム 1 1 0 は照明・検出器光路 1 3 2 に対して固定されているとともに、この照明・検出器光路 1 3 2 とは別箇に、素通し光路 1 3 4 を有している点が第 1 実施例とは異なる。

【 0 0 8 1 】

本実施例では、図 1 2 に示すように、照明・検出器ユニット 1 3 1 を挿入した状態（実線）では、照明・検出器光路 1 3 2 は、顕微鏡 1 の本体光路 9 に一致し、照明・検出器ユニットとして機能する。また、照明・検出器ユニット 1 3 1 を半分抜いた状態（破線、1 3 1'）では、照明・検出器光路 1 3 2 は、本体光路 9 から退避し、代わりに素通し光路 1 3 4 が本体光路 9 に一致し、通常の顕微鏡観察が可能となる。

【 0 0 8 2 】

本実施例によれば、顕微鏡本体のスライダ穴に挿入するだけで照明・検出器ユニットがセットできるので、きわめて簡便に使用することができる。その他の効果は、第 1 実施例とほぼ同様である。

【 0 0 8 3 】

## 第5実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第5実施例を図14を用いて説明する。図14は第5実施例における照明・検出器ユニットの概略構成図である。上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は上述の実施例と共通なので、説明を省略する。

### 【0084】

本実施例の照明・検出器ユニット135は、レボルバに一体的に組み込んだ構成となっており、図1に示す普通のレボルバ3と交換して使用することができるように構成されている。なお図14においては、半導体レーザー発振器106やコリメーターレンズ107が示されていないが、本実施例の照明・検出器ユニット135の内部構造は、第1実施例の照明・検出器ユニット101の内部構造と基本的に同じである。

### 【0085】

本実施例によれば、照明・検出器ユニット135を、顕微鏡本体のレボルバを交換するだけでセットできるので、きわめて簡便に使用することができる。

### 【0086】

## 第6実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第6実施例を図15～17を用いて説明する。図15は第6実施例の照明・検出器ユニットの使用形態を説明するための光学装置の側面図、図16は本実施例の照明・検出器ユニットの概略構成図、図17は本実施例の光学装置に用いられる光学要素の概略構成図である。図中、先の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は先の実施例と共通であるので、説明を省略する。

### 【0087】

本実施例の照明・検出器ユニット136は、図15に示すように、接眼レンズ形状をなし、鏡筒4の接眼レンズ穴4-1に挿入して使用することができるように構成されている。

### 【0088】

以下に、本実施例の作用を説明する。

本実施例では、図 1 6 に示すように、半導体レーザー発振器 1 0 6 から発せられた発散光 1 3 7 - 1 は、コリメーターレンズ 1 0 7、偏光ビームスプリッター 1 0 8、 $\lambda/4$  板 1 0 9 を経て円偏光光束 1 3 7 - 4 になり、リレーレンズ 1 3 8 によって収束光 1 3 7 - 5 として集光点 1 5 4 に集光する。この集光点 1 5 4 は図 1 7 に示す顕微鏡 1 の結像レンズ 1 1 による一次像位置 5 - 1 と一致しており、したがって収束光 1 3 7 - 5 は結像レンズ 1 1 を経て平行光束 1 3 7 - 6 となり、対物レンズ 2 1 0 の瞳に導入される。

## 【 0 0 8 9 】

平行光束 1 3 7 - 6 は、対物レンズ 2 1 0 を介して試料上の一点を照明し、そこで生じた散乱・反射光が照明光とは逆の経路をたどって  $\lambda/4$  板 1 0 9 を経て直線偏光となり、偏光ビームスプリッター 1 0 8 を透過し、集光レンズ 1 1 2、共焦点ピンホール 1 1 3 - a を経てシリコンフォトダイオード 1 4 8 で光電変換される。この光電信号により、上記各実施例と同様に共焦点画像が得られる。

## 【 0 0 9 0 】

本実施例によれば、照明・検出器ユニット 1 3 6 を、顕微鏡本体の接眼レンズ光路に取り付けるだけでセットできるので、きわめて簡便に使用することができる。

また、照明・検出ユニット 1 3 6 が結像レンズ 1 1 の射出側に配置されることになるので、カメラ光路 4 - 2 を生かしたまま、走査型顕微鏡による像が得られる。

なお、本実施例の照明・検出器ユニット 1 3 6 は上記のように接眼レンズ形状をなすが、カメラ形状をなし、図 1 5 に示す鏡筒 4 のカメラ光路 4 - 2 に取り付け用いることも出来る。その場合、図 1 7 に示す集光点 1 5 4 を図 1 5 に示す結像レンズ 1 1 によるカメラ結像点 5 - 2 (一次像位置) に一致させれば良い。その他の構成及び作用は、上記接眼レンズ形状の場合と同様である。照明・検出器ユニット 1 3 6 をカメラ形状にした場合には、照明・検出器ユニット 1 3 6 を、顕微鏡本体のカメラ光路に取り付けるだけでセットできるので、きわめて簡便に使用することができる。

## 【 0 0 9 1 】

## 第 7 実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第 7 実施例を図 1 8 を用いて説明する。図 1 8 は第 7 実施例の対物レンズユニットの概略構成図である。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は上述の実施例と共通であるので、説明を省略する。

### 【 0 0 9 2 】

本実施例では、照明・検出器ユニットの機能と対物レンズユニットの機能とを、1 本の対物レンズ形状の筒内に一体化して対物レンズ走査型顕微鏡ユニットを構成しており、普通の対物レンズと同様にレボルバに取り付けて使用することができるようになっている。

本実施例の対物レンズ走査型顕微鏡ユニット 2 5 7 は、外枠 2 0 4 に照明・検出器部分 2 5 9 と対物レンズコンポーネント 2 0 3 を組み込んで構成されている。なお、図 1 8 において、対物レンズコンポーネント 2 0 3 の内部は省略して示してある。

### 【 0 0 9 3 】

本実施例によれば、対物レンズ走査型顕微鏡ユニット 2 5 7 を、顕微鏡本体のレボルバに取り付けるだけでセットできるので、きわめて簡便に使用することができる。

しかも、対物レンズ走査型顕微鏡ユニット 2 5 7 内に光源、走査機構及び検出器を有するため、レボルバを介して光学装置に取り付けるだけで、走査型光学装置を構成することができる。

また、対物レンズ走査型顕微鏡ユニット 2 5 7 は、顕微鏡本体と光学的に完全に独立して機能するので、顕微鏡本体の光学系が無限遠補正型か有限遠補正型かに関係なく、取り付けて使用することができる。

また、光源と検出器とが別々に構成されているため、偏光ビームスプリッター 1 0 8 と  $\lambda/4$  板 1 0 9 を前記第 3 実施例と同様のダイクロイックミラー 1 2 1 と吸収フィルター 1 2 2 に置き換えることにより、蛍光など光源と異なる波長の検出を行なうことができる。

### 【 0 0 9 4 】



## 第 8 実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第 8 実施例を図 1 9 を用いて説明する。図 1 9 は第 8 実施例の対物レンズユニットの概略構成図である。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は上述の実施例と共通であるので、説明を省略する。

### 【 0 0 9 5 】

本実施例では、上述の第 7 実施例と同様に、照明・検出器ユニットの機能と対物レンズユニットの機能とを、1 本の対物レンズ形状の筒内に一体化して対物レンズ走査型顕微鏡ユニットを構成しており、普通の対物レンズと同様にレボルバに取り付けて使用することができるようになっている。

本実施例の対物レンズ走査型顕微鏡ユニット 2 5 7 は、外枠 2 0 4 に照明・検出器部分として、光源と光検出手段とを兼ね備えた半導体レーザー発振器 1 5 9 と、コリメーターレンズ 1 0 7 と、対物レンズコンポーネント 2 0 3 とを組み込んで構成されている。なお、図 1 9 においても、図 1 8 と同様に、対物レンズコンポーネント 2 0 3 の内部は省略して示してある。

### 【 0 0 9 6 】

本実施例によれば、第 7 実施例と同様に、対物レンズ走査型顕微鏡ユニット 2 5 7 を、顕微鏡本体のレボルバに取り付けるだけでセットできるので、きわめて簡便に使用することができる。

しかも、対物レンズ走査型顕微鏡ユニット 2 5 7 内に光源、走査機構及び検出器を有するため、レボルバを介して光学装置に取り付けるだけで、走査型光学装置を構成することができる。

また、対物レンズ走査型顕微鏡ユニット 2 5 7 は、顕微鏡本体と光学的に完全に独立して機能するので、顕微鏡本体の光学系が無限遠補正型か有限遠補正型かに関係なく、取り付けて使用することができる。

また、光源が同時に検出器として機能するので、光分割・合成部材が不要となりその分対物レンズユニットを小型化することができる。

### 【 0 0 9 7 】

## 第 9 実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第 9 実施例を図 2 0 を用いて説明する。図 2 0 は第 9 実施例の対物レンズユニットを示す説明図である。

本実施例の対物レンズユニットは液浸観察を行なうことができるように構成されている。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は上述の実施例と共通であるので、説明を省略する。

#### 【 0 0 9 8 】

本実施例の対物レンズユニット 2 4 4 は、外枠 2 2 2 とともに防水構造を形成する平行平板ガラス 2 1 8 を有している。

本実施例によれば、対物レンズ枠 2 0 8 を走査したときの振動が、平行平板ガラス 2 1 8 により遮断されて、容器 2 2 0 内の水などの透明な液体 2 2 1 を介して試料 2 1 9 に伝わらないので、安定した試料観察が可能になり、試料の鮮明な像が得られる。

#### 【 0 0 9 9 】

### 第 1 0 実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第 1 0 実施例を図 2 1 を用いて説明する。図 2 1 は第 1 0 実施例の対物レンズユニットを示す説明図である。本実施例の対物レンズユニットは液浸観察を行なうことができるように構成されている。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は上述の実施例と共通であるので、説明を省略する。

#### 【 0 1 0 0 】

本実施例の対物レンズユニット 2 4 5 は、平行平板ガラス 2 1 8、リング 2 2 5、リング溝 2 3 5、ネジ 2 3 6 を有する先蓋 2 2 4 を、外枠 2 2 3 に対してネジ 2 3 6 を介して取り付けることにより、防水構造を達成している。

本実施例によれば、第 9 実施例と同様に、対物レンズ枠 2 0 8 を走査したときの振動が、先蓋 2 2 4 により遮断されて、容器 2 2 0 内の水などの透明な液体 2 2 1 を介して試料 2 1 9 に伝わらないので、安定した試料観察が可能になり、鮮明な試料の像が得られる。また、非液浸観察の際には先蓋 2 2 4 を取り外すこと

で、対物レンズの作動距離を最大限に生かすことができる。

#### 【0101】

##### 第11実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第11実施例を図22、23を用いて説明する。図22は第11実施例の対物レンズユニットを示す説明図、図23は図22の要部説明図である。本実施例の対物レンズユニットは液浸観察を行なうことができるように構成されている。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は上述の実施例と共通であるので、説明を省略する。

#### 【0102】

本実施例の対物レンズユニット246は、図7の実施例と同様に弾性材料膜部材216で防水構造が施されているとともに、平行平板ガラス218と、足228を備えた円盤部材227とが、ネジ238で外枠226に取り付けられており、円盤部材227が足228の高さ相当の隙間237をもって保持されている。

#### 【0103】

本実施例の対物レンズユニット246によれば、液浸観察をする際には、隙間237から液が侵入し、内部を満たすため、高NAでの観察が可能になるとともに、対物レンズ枠208の走査による振動は、平行平板ガラス及び円盤部材227を介して隙間237を伝わって外枠226の周囲にまで逃がされるため、振動が試料219に直接伝わらずに、安定した観察が可能になり、鮮明な試料の像が得られる。

また、この振動は、特に対物レンズ枠208をZ方向へ走査する際には、大きな水圧変動となって現れるため、弾性材料膜部材216部分を外界に対して密閉してしまうと、この水圧変動がZ走査駆動に対する大きな抵抗となる。本実施例は、弾性材料膜部材216部分を密封せずに圧力を液流の形で外部に逃がすようにしたので、液浸観察におけるZ走査を容易に行なうことができる。

#### 【0104】

##### 第12実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第12実施例を図24を

用いて説明する。図 2 4 は第 1 2 実施例の対物レンズユニットを示す説明図である。本実施例の対物レンズユニットは液浸観察を行なうことができるように構成されている。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は上述の実施例と共通であるので、説明を省略する。

## 【0105】

本実施例の対物レンズユニット 2 4 7 は、図 7 の実施例と同様に弾性材料膜部材 2 1 6 で防水構造が施されているとともに、平行平板ガラス 2 1 8 と図 2 3 において示したような足 2 2 8（本実施例では図示を省略する）を備えた容器状部材 2 2 9 が、外枠 2 2 6 に取り付けられている。本実施例では、容器状部材 2 2 9 の中央部にくぼみ 2 4 9 を設けるとともに、容器状部材 2 2 9 の開口部 2 5 1 を上方に延ばして、液面 2 5 2 よりも上に位置させている。

## 【0106】

本実施例では、あらかじめ少量の透明な液体 2 3 1 でくぼみ 2 4 9 を満たし、対物レンズ枠 2 0 8 の先端部を浸して高 NA を確保するとともに、弾性材料膜部材 2 1 6 を液で満たさないようにすることで、対物レンズ枠 2 0 8 の走査における液の粘性抵抗を減少させることができる。また、XY 走査による振動や Z 走査による圧力変化は、気流 2 3 0 として開口部 2 5 1 から逃がすことができる。

## 【0107】

従って、本実施例によれば、第 9 ～ 1 1 実施例と同様に、対物レンズ枠 2 0 8 の走査による振動が試料 2 1 9 に伝わることがなく、安定した試料観察が可能になり、鮮明な試料の像が得られる。また、第 1 1 実施例と同様に、液浸によって対物レンズの高 NA を確保することができる。さらに、観察の際に液に触れる可動部分が、対物レンズ枠 2 0 8 の先端部に限られるので、走査に伴う液体（特に液が油である場合）の粘性抵抗を減少させることができ、高速走査や大振幅の走査を、第 1 1 実施例に比べて、容易に行なうことができる。

## 【0108】

第 1 3 実施例

本発明による対物レンズユニットを有する光学装置の第 1 3 実施例を図 2 5 を

用いて説明する。図 2 5 は第 1 3 実施例の対物レンズユニットを示す説明図である。本実施例の対物レンズユニットは液浸観察を行なうことができるように構成されている。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。また、図示以外の部分は上述の実施例と共通であるので、説明を省略する。

#### 【0109】

本実施例の対物レンズユニット 2 4 8 は、図 7 の実施例と同様に弾性材料膜部材 2 1 6 で防水構造が施されているとともに、上述の第 1 0 実施例と同様の先蓋 2 2 4 が、外枠 2 5 0 にネジ 2 3 6 を介して取り付けられている。本実施例の先蓋 2 2 4 は、第 1 2 実施例と同様のくぼみ 2 4 9 を有しており、あらかじめ少量の液体 2 3 1 でくぼみ 2 4 9 を満たし、対物レンズ枠 2 0 8 の先端部を浸して高 NA を確保するとともに、弾性材料膜部材 2 1 6 を液で満たさないようにすることで、対物レンズ枠 2 0 8 の走査における液体の粘性抵抗を減少させることができるようになっている。また、先蓋 2 2 4 の先端部の内側がリング 2 2 5 を介して防水構造となっている。

#### 【0110】

本実施例によれば、第 9 ～ 1 2 実施例と同様に、対物レンズ枠 2 0 8 の走査による振動が試料 2 1 9 に伝わることなく、安定した試料観察が可能になり、鮮明な試料の像が得られる。また、第 1 1、1 2 実施例と同様に、液浸によって対物レンズの高 NA を確保するとともに、観察の際に液体に触れる可動部分が、対物レンズ枠 2 0 8 の先端部に限られるので、走査に伴う液体の粘性抵抗を減少させることができるので、高速走査や大振幅の走査がより容易に行なうことができる。さらに、先蓋 2 2 4 の先端部の内側がリング 2 2 5 で防水構造となっているので、深い水深にある試料であっても浸水の心配をすること無く観察することができる。

#### 【0111】

### 第 1 4 実施例

本発明の第 1 4 実施例を図 2 6 ～ 図 2 8 を用いて説明する。図 2 6 は第 1 4 実施例光学装置の機能の概念図、図 2 7 は第 1 4 実施例の光学装置の光学系全体の

概略構成図、図 2 8 は第 1 4 実施例の瞳面における対物レンズ瞳と測光系の開口、及び照明光束の関係を示す説明図である。図中、上述の実施例と共通する部分については同じ番号を付し、説明を省略する。

## 【 0 1 1 2 】

図 2 6 中、2 3 2 は神経細胞、2 3 3 はニューロン、2 3 4 - a は第 1 の観察点、2 3 4 - b は第 2 の観察点、2 6 0 - a は第 1 の観察空間、2 6 0 - b は第 2 の観察空間、1 3 0 - a は第 1 の観察点からの信号光、1 3 0 - b は第 2 の観察点からの信号光、2 1 0 - a は第 1 の対物レンズ、2 1 0 - b は第 2 の対物レンズである。

## 【 0 1 1 3 】

本実施例の光学装置は、図 2 6 に示すように、第 1 の観察点 2 3 4 - a と第 2 の観察点 2 3 4 - b というような、試料上において離れている 2 つの観察点における蛍光量を同時に測定することができ、さらに第 1 の対物レンズ 2 1 0 - a および第 2 の対物レンズ 2 1 0 - b を X Y Z 方向に走査することによって、上記 2 点の観察点近傍の、第 1 の観察空間 2 6 0 - a および第 2 の観察空間 2 6 0 - b 内における蛍光量分布についても測定可能にすることができるようになっている。

## 【 0 1 1 4 】

本実施例の具体的構成を、図 2 7 を用いて説明する。

図中、1 5 0 は照明・検出器ユニット、2 5 4 は対物レンズユニットである。

本実施例における照明・検出器ユニット 1 5 0 は、光源装置 1 1 8 と、コリメーターレンズ 1 0 7 と、分光カセット 1 2 4 とを有している。これら光源装置 1 1 8、コリメーターレンズ 1 0 7 及び分光カセット 1 2 4 の構成は図 1 0 に示した第 3 実施例の構成と基本的に同じである。さらに照明・検出器ユニット 1 5 0 は、直角プリズム 1 1 0 と、集光レンズ 1 1 2 と、共焦点ピンホール 1 6 1 と、光電子像倍管 1 1 9 とで構成された測光ユニット 1 4 9 を 2 組有している。なお、これら 2 組の測光ユニットの構成は全く同じであるため、図中の番号に添字 a、b を用いてこれを区別してある。第 1 の測光ユニット 1 4 9 - a および第 2 の測光ユニット 1 4 9 - b は、それぞれ X Y 方向の位置調整機構（図示省略）を有

している。

#### 【 0 1 1 5 】

対物レンズユニット 2 5 4 は、第 1 の対物レンズ 2 1 0 - a と、第 2 の対物レンズ 2 1 0 - b と、X Y Z 軸アクチュエーター 2 5 3 とを有している。また、X Y Z 軸アクチュエーター 2 5 3 とは別に、それぞれ X Y Z 方向の位置調整機構（図示省略）を有している。なお、X Y Z 軸アクチュエーター及び X Y Z 方向の位置調整機構は、例えば、上述の図 4 で示したような、X Z 方向駆動用 VCM、Y Z 方向駆動用 VCM、平行バネ、渦巻き状バネ等を備え、図示省略した制御部の X 駆動回路、Y 駆動回路及び Z 駆動回路を介して、第 1 の対物レンズ 2 1 0 - a と、第 2 の対物レンズ 2 1 0 - b とを X Y Z 方向に駆動するように構成されている。

#### 【 0 1 1 6 】

次に、本実施例の作用を説明する。

まず、水銀灯 1 1 5 の広帯域照明光 1 2 9 - 1 は、第 3 実施例と同様の経路をたどり励起光 1 2 9 - 3 となる。励起光 1 2 9 - 3 は、あらかじめニューロン 2 3 3 上の所望の第 1 観察点 2 3 4 - a および第 2 観察点 2 3 4 - b に焦点を結ぶように前記 X Y Z 方向の位置調整機構（図示省略）によって位置決めされた 2 つの対物レンズ 2 1 0 - a、2 1 0 - b に入射し、対物レンズ 2 1 0 - a、2 1 0 - b を介してこれら 2 点の観察点 2 3 4 - a、2 3 4 - b に集光し、あらかじめ被観察物である神経細胞に染色処置された蛍光染料を励起する。すると第 1 の観察点 2 3 4 - a からは第 1 の蛍光 1 3 0 - a を、第 2 の観察点 2 3 4 - b からは第 2 の蛍光 1 3 0 - b をそれぞれ発する。

#### 【 0 1 1 7 】

それぞれ発せられた蛍光は、対物レンズユニット 2 5 4 を経て照明・検出器ユニット 1 5 0 に戻り、分光カセット 1 2 4 を透過してそれぞれ第 1、第 2 の測光ユニット 1 4 9 - a、b に入射し、直角プリズム 1 1 0 - a、b、集光レンズ 1 1 2 - a、b、共焦点ピンホール 1 6 1 - a、b を経て光電子像倍管 1 1 9 - a、b に入射し、測光される。このとき、X Y Z 軸アクチュエーター 2 5 3 を介して走査をしなければ、第 1 観察点 2 3 4 - a および第 2 観察点 2 3 4 - b の同時

測光ができ、走査をすれば、第 1 の観察空間 2 6 0 - a および第 2 の観察空間 2 6 0 - b 内における断面像が得られる。

#### 【0 1 1 8】

ところで、本実施例の照明・検出器ユニット 1 5 0 においては、第 1 の測光ユニット 1 4 9 - a には第 1 の信号光 1 3 0 - a が、第 2 の測光ユニット 1 4 9 - b には第 2 の信号光 1 3 0 - b がそれぞれ入射するように、前記 X Y 方向の位置調整機構（図示省略）によって位置決めされている。この様子を、図 2 8 を用いて詳細に説明する。

#### 【0 1 1 9】

図中、2 5 5 - a と 2 5 5 - b はそれぞれ X 方向に並べて配置した第 1 の対物レンズ 2 1 0 - a の瞳（対物瞳）と、第 2 の対物レンズ 2 1 0 - b の瞳（対物瞳）、2 5 5 - a' と 2 5 5 - b' はそれぞれ対物レンズ 2 1 0 - a, 2 1 0 - b を X 方向に走査した場合に対物瞳 2 5 5 - a と対物瞳 2 5 5 - b が移動する範囲である。2 5 6 - a と 2 5 6 - b は、それぞれ第 1 の測光ユニット 1 4 9 - a の有効開口 1 4 3 - a と、第 2 の測光ユニットの有効開口 1 4 3 - b を光軸と平行にそれぞれ対物瞳 2 5 5 - a, 2 5 5 - b の面に投影した開口範囲である。2 6 1 は照明系の有効開口 1 6 2 を光軸と平行に対物瞳 2 5 5 - a, 2 5 5 - b の面に投影した開口範囲であり、励起光 1 2 9 - 3 による対物瞳 2 5 5 - a, 2 5 5 - b の面へ照明光束を不足なく導入しうる範囲と一致する。

#### 【0 1 2 0】

図 2 8 において、第 1 の測光ユニットの有効開口 2 5 6 - a と第 2 の測光ユニットの有効開口 2 5 6 - b は、重なり合うことなく、かつ、それぞれ瞳面照明導入範囲 2 6 1 からはみ出さないように位置決めされている。また、X 走査時の瞳範囲 2 5 5 - a' は第 1 の測光ユニットの有効開口 2 5 6 - a から、Y 走査時の瞳範囲 2 5 5 - b' は第 2 の測光ユニットの有効開口 2 5 6 - b から、それぞれはみ出さないように位置決めされている。このような位置関係に位置決めすれば、励起光 1 2 9 - 3 は 2 つの対物レンズ 2 1 0 - a, 2 1 0 - b の瞳が欠けることがないように照明光束を導入することができ、また第 1 の信号光 1 3 0 - a および第 2 の信号光 1 3 0 - b を、それぞれ第 1 の測光ユニット 1 4 9 - a および



第 2 の測光ユニット 1 4 9 - b を介してもれなく、かつ 2 成分が混ざることなく、検出することができる。

#### 【 0 1 2 1 】

なおここでは、X 方向に走査した場合の対物レンズ瞳と測光系および照明系の有効開口の関係を説明したが、Y 方向や X Y 方向に走査する場合も同様である。

また、本実施例は、第 3 実施例と同様に、分光カセット 1 2 4 を交換したり、または、光源として半導体レーザーを用いたり、さらには、対物レンズと測光ユニットを 3 セット以上用意して、3 チャンネル以上の多点測定をするなど、本発明の趣旨に沿う形でのあらゆる組み合わせが可能である。

その他、図 2 7 の変形例として、アクチュエーター 2 5 3 を対物レンズごとに設けてもよい。

この場合は、各対物レンズの走査を個別に制御し得るので、観察部位ごとに最適な走査条件で観察することができる。

なお、本実施例においても、条件式 (1) を満足するような照明を行なえば、照明光は少なくとも対物レンズが移動する範囲内を十分な光強度で満たすことになるので、対物レンズの瞳に対して照明光束が欠けることなく導入される。よって、極端な分解能の低下や、照明強度（照明光量）の低下を防ぐことができる。

また、本実施例では光源として水銀灯 1 1 5 を使用しているが、このほかに面発光レーザーも使用することができる。面発光レーザーを使用した場合は、コレクターレンズ 1 1 6 やコリメータレンズ 1 0 7 を省略することも可能である。

#### 【 0 1 2 2 】

以上説明したように、本発明による対物レンズユニット、対物レンズユニットを有する光学装置及びその光学装置を用いた観察方法は、特許請求の範囲に記載された特徴のほかに下記に示すような特徴も備えている。

#### 【 0 1 2 3 】

(1) 発光器と光検出器とを兼ね備えた素子と、該素子からの光を前記対物レンズに導入すると同時に、前記対物レンズを通過した試料からの信号光を再び前記素子に導入する光リレー光学系とを備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の対物レンズユニット。

【 0 1 2 4 】

(2) 光源と、該光源からの光を前記対物レンズに導入するとともに前記対物レンズを通過してきた信号光を光検出器に導入する光分割・合成部材とを備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の対物レンズユニット。

【 0 1 2 5 】

(3) 3 組のアクチュエーターを備え、第 1 のアクチュエーターを、前記対物レンズを第 1 の方向に移動させるように配置し、第 2 のアクチュエーターを、前記対物レンズを前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に移動させるように配置し、第 3 のアクチュエーターを、前記対物レンズを前記第 1 及び第 2 のいずれの方向とも異なる第 3 の方向に移動させるように配置したことを特徴とする請求項 1、上記 (1)、(2) のいずれかに記載の対物レンズユニット。

【 0 1 2 6 】

(4) 前記外枠部材は平行平面形状の透明部材を有し、該透明部材が前記対物レンズの先端に配置されていることを特徴とする請求項 1、上記 (1) ～ (3) のいずれかに記載の対物レンズユニット。

【 0 1 2 7 】

(5) 前記対物レンズ保持手段が複数の対物レンズを保持することを特徴とする請求項 1、上記 (1) ～ (4) のいずれかに記載の対物レンズユニット。

【 0 1 2 8 】

(6) 前記外枠部材が、対物レンズと、対物レンズ保持手段と、アクチュエーターとよりなるユニットを複数ユニット有していることを特徴とする請求項 1、上記 (1) ～ (4) のいずれかに記載の対物レンズユニット。

【 0 1 2 9 】

(7) 前記対物レンズユニットが、発光器と光検出器とを兼ね備えた素子と、該素子からの光を前記対物レンズに導入すると同時に、前記対物レンズを通過した試料からの信号光を再び前記素子に導入する光リレー光学系とを備えていることを特徴とする請求項 2 に記載の光学装置。

【 0 1 3 0 】

(8) 前記対物レンズユニットが、光源と、該光源からの光を前記対物レンズに

導入するとともに前記対物レンズを通過してきた信号光を光検出器に導入する光分割・合成部材とを備えていることを特徴とする請求項 2 に記載の光学装置。

【0 1 3 1】

(9) 3 組のアクチュエーターを備え、第 1 のアクチュエーターを、前記対物レンズを第 1 の方向に移動させるように配置し、第 2 のアクチュエーターを、前記対物レンズを前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に移動させるように配置し、第 3 のアクチュエーターを、前記対物レンズを前記第 1 及び第 2 のいずれの方向とも異なる第 3 の方向に移動させるように配置したことを特徴とする請求項 2、上記 (7)、(8) のいずれかに記載の対物レンズユニット。

【0 1 3 2】

(10) 発光器と光検出器とを兼ね備えた素子と、該素子からの光を前記対物レンズに導入すると同時に、前記対物レンズを通過した試料からの信号光を再び前記素子に導入する光リレー光学系と、を有する照明・検出ユニットを備えたことを特徴とする請求項 2 または上記 (9) に記載の光学装置。

【0 1 3 3】

(11) 光源と、該光源からの光を前記対物レンズに導入するとともに前記対物レンズを通過してきた信号光を光検出器に導入する光分割・合成部材とを有する照明・検出ユニットを備えたことを特徴とする請求項 2 又は上記 (9) に記載の光学装置。

【0 1 3 4】

(12) 前記照明・検出器ユニットが、前記照明光を前記対物レンズユニットに導くと同時に、信号光を検出器に導く光路変更手段と、該光路変更手段を光路中に対して挿脱する光路変更手段移動機構とを備えていることを特徴とする上記 (10) 又は (11) に記載の光学装置。

【0 1 3 5】

(13) 前記光学装置が平行光束を集光する結像レンズを備え、前記照明・検出ユニットが前記結像レンズの射出側に配置されていることを特徴とする上記 (10) ～ (12) のいずれかに記載の光学装置。

【0 1 3 6】

(14) 前記対物レンズに入射する光が、次の条件式(1)を満足することを特徴とする上記(1)～(13)のいずれかに記載の光学装置。

$$I_{\text{off}}/I_{\text{on}} \geq 0.135 \quad \dots\dots (1)$$

ただし、 $I_{\text{on}}$ は照明光の中心における光強度、 $I_{\text{off}}$ は照明光の中心から  $d + D_p/2$  の半径位置での光強度 ( $D_p$  : 前記対物レンズの瞳径、 $d$  : 前記アクチュエータにより前記対物レンズが移動する際の最大移動量であって、前記照明光の中心から前記対物レンズの光軸までの距離) である。

【0137】

(15) 平行平面形状の透明部材が前記対物レンズの先端に配置されていることを特徴とする請求項2、上記(7)～(14)のいずれかに記載の光学装置。

【0138】

(16) 前記対物レンズ保持手段が複数の対物レンズを保持しているとともに、前記光源からの光を前記複数の対物レンズの全てに入射させる光束を生じる光束径変換部材と、複数の光検出器とを有していることを特徴とする請求項2、上記(7)～(15)のいずれかに記載の光学装置。

【0139】

(17) 前記外枠部材が、対物レンズと、対物レンズ保持手段と、アクチュエータとよりなるユニットを複数ユニット有していることを特徴とする請求項2、上記(7)～(15)のいずれかに記載の光学装置。

【0140】

(18) 前記対物レンズ保持手段が複数の対物レンズを保持しているとともに、前記複数の対物レンズの全てに照明光を入射させる光源と、複数の光検出器とを有していることを特徴とする請求項2、上記(7)～(15)のいずれかに記載の光学装置。

【0141】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の対物レンズユニット、対物レンズユニットを有する光学装置及びその光学装置を用いた観察方法によれば、小型で安価で高分解能、かつ普通の顕微鏡観察との切り替えを容易に行なうことができる。

また本発明によれば、液浸観察時の走査振動による像への悪影響を防ぐことができ、さらには、試料上において互いに離れている複数箇所を同時かつ高倍率で観察することができる。

## 【 0 1 4 2 】

そして、本第 1 の発明によれば、軸上光束のみを集光するため、収差の少ないスポット光を形成することができる。また、この対物レンズユニットを光学装置に取り付けて走査型光学装置を構成する場合、光学装置側で走査機構を要しないため光学装置全体を小型化することができる。

## 【 0 1 4 3 】

また、本第 2 の発明によれば、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

## 【 0 1 4 4 】

また、本第 3 の発明によれば、対物レンズユニットと試料との間が液体で満たされている場合であっても、対物レンズの走査に伴う振動は透明部材によって遮断され試料に到達しないので試料が振動することがない。よって、試料の鮮明な像が得られる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

## 【 0 1 4 5 】

また、本第 4 及び第 5 の発明によれば、対物レンズユニット内に光源、走査機構及び検出器を有するため、この対物レンズユニットを光学装置に取付けるだけで、走査型光学装置を達成することができる。

## 【 0 1 4 6 】

また、本第 5 の発明によれば、光源と検出器が別々に構成されているため、蛍光など光源と異なる波長を有する信号光の検出を行なうことができる。

## 【 0 1 4 7 】

また、本第 6 の発明によれば、スポット光を光軸と垂直な面内及び光軸方向に移動させることができ、試料の 3 次元情報を得ることができる。

## 【 0 1 4 8 】

また、本第 7 の発明によれば、対物レンズユニットと試料の間が液体で満たされている場合であっても、対物レンズの走査に伴う振動は透明部材によって遮断され試料に到達しないので試料が振動することがない。よって、試料の鮮明な像が得られる。

## 【 0 1 4 9 】

また、本第 8 の発明によれば、複数の対物レンズによって試料内の離れた位置にある複数の領域が同時に走査されるので、複数の領域の像を一度に形成することができ、例えば、神経生理学の分野における神経細胞内の信号伝達の測定に適する。

## 【 0 1 5 0 】

また、本第 9 の発明によれば、複数の対物レンズを同期して走査させる場合は、試料内の離れた位置にある複数の領域が同時に走査されるので、複数の領域の像を一度に形成することができる。また、個々に走査させる場合は各対物レンズごとに走査速度と走査幅を変えることができるので、観察対象に応じて空間分解能、S/N 比等を考慮し、最適な走査条件で像を得ることができる。

## 【 0 1 5 1 】

また、本第 1 0 の発明によれば、上述の本第 4 の発明と同様に、対物レンズユニット内に光源、走査機構及び光検出器を有するため、この対物レンズユニットを光学装置に取付けるだけで、走査型光学装置を構成することができる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

## 【 0 1 5 2 】

また、本第 1 1 の発明によれば、上述の本第 5 の発明と同様に、対物レンズユ

ニット内に光源、走査機構及び光検出器を有するため、この対物レンズユニットを光学装置に取付けるだけで、走査型光学装置を構成することができる。また、光源と検出器が別々に構成されているため、蛍光など光源と異なる波長を有する信号光の検出を行なうことができる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

【 0 1 5 3 】

また、本第 1 2 の発明によれば、上述の本第 6 の発明と同様に、スポット光を光軸と垂直な面内、及び光軸方向に移動させることができ、試料の 3 次元情報を得ることができる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

【 0 1 5 4 】

また、本第 1 3 の発明によれば、光源が同時に検出器として機能するので、後述の本第 1 4 の発明のような光分割・合成部材が不要となり、照明・検出ユニットを小型化した装置を達成することができる。

【 0 1 5 5 】

本第 1 4 の発明によれば、光源と検出器が別々に構成されているため、蛍光など光源と異なる波長を有する信号光の検出を行なうことができる。

【 0 1 5 6 】

また、本第 1 5 の発明によれば、走査型光学顕微鏡観察と従来の顕微鏡観察とを切替えて行なうことができる。

【 0 1 5 7 】

また、本第 1 6 の発明によれば、カメラ光路を生かしたまま、走査型光学顕微鏡による像が得られる。

## 【 0 1 5 8 】

また、本第 1 7 の発明によれば、瞳が欠けることなく照明光束が導入され、極端な分解能の低下、照明光量の低下につながらない。

## 【 0 1 5 9 】

また、本第 1 8 の発明によれば、上述の本第 7 の発明と同様に、対物レンズユニットと試料の間が液体で満たされている場合であっても、対物レンズの走査に伴う振動は透明部材によって遮断され試料に到達しないので試料が振動することがない。よって、試料の鮮明な像が得られる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

## 【 0 1 6 0 】

また、本第 1 9 の発明によれば、上述の本第 8 の発明と同様に、複数の対物レンズによって試料内の離れた位置にある複数の領域が同時に走査されるので、複数の領域の像を一度に形成することができる。例えば、神経生理学の分野における神経細胞内の信号伝達の測定に適する。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

## 【 0 1 6 1 】

また、本第 2 0 の発明によれば、複数の対物レンズを同期して走査させる場合は、上記第 1 9 の発明と同様に試料内の離れた位置にある複数の領域が同時に走査されるので、複数の領域の像を一度に形成することができる。また、個々に走査させる場合は各対物レンズごとに走査速度と走査幅を変えることができるので、観察対象に応じて空間分解能、S/N 比等を考慮し、最適な走査条件で像を得ることができる。

また、上述の本第 2 の発明と同様に、対物レンズユニットは他の通常の対物レ



ンズと同様に光学装置のレボルバに取付けることができるので、対物レンズユニットを光路中に配置すれば走査型顕微鏡として機能し、通常の対物レンズを光路中に配置すれば従来の光学顕微鏡として機能する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 実施例の光学装置である対物レンズ走査型顕微鏡の概略全体構成図である。

【図 2】

第 1 実施例における照明・検出器ユニットの構成を示す図であり、(a)は上方からみた概略構成図、(b)は側方からみた概略構成図である。

【図 3】

第 1 実施例における対物レンズユニットの枠の構成を一部分断面で示す側面図である。

【図 4】

図 3 の対物レンズユニットの具体的な構成を示す図であり、(a)は像側から見た一部分断面で示す平面図、(b)は一部分断面で示す側面図、(c)は試料側から見た一部分断面で示す底面図である。

【図 5】

第 1 実施例における制御部の概略構成を示すブロック図である。

【図 6】

第 1 実施例の瞳面における対物レンズ瞳と照明光束の照度分布との関係を示すグラフである。

【図 7】

第 1 実施例の変形例を示す部分説明図である。

【図 8】

第 2 実施例における照明・検出器ユニットの構成を示す図であり、(a)は上方からみた概略構成図、(b)は側方からみた概略構成図である。

【図 9】

第 2 実施例における制御部の概略構成を示すブロック図である。

【図 1 0】

第 3 実施例における照明・検出器ユニットの構成を示す図であり、(a)は上方からみた概略構成図、(b)は側方からみた概略構成図である。

【図 1 1】

第 3 実施例の変形例を示す要部説明図である。

【図 1 2】

第 4 実施例における照明・検出器ユニットの使用形態を説明するための光学装置の側面図である。

【図 1 3】

第 4 実施例における照明・検出器ユニットの概略構成図である。

【図 1 4】

第 5 実施例における照明・検出器ユニットの概略構成図である。

【図 1 5】

第 6 実施例の照明・検出器ユニットの使用形態を説明するための光学装置の側面図である。

【図 1 6】

第 6 実施例の照明・検出器ユニットの概略構成図である。

【図 1 7】

第 6 実施例の光学装置に用いられる光学要素の概略構成図である。

【図 1 8】

第 7 実施例の対物レンズユニットの概略構成図である。

【図 1 9】

第 8 実施例の対物レンズユニットの概略構成図である。

【図 2 0】

第 9 実施例の対物レンズユニットを示す説明図である。

【図 2 1】

第 1 0 実施例の対物レンズユニットを示す説明図である。

【図 2 2】

第 1 1 実施例の対物レンズユニットを示す説明図である。

【図 2 3】

図 2 2 の要部説明図である。

【図 2 4】

第 1 2 実施例の対物レンズユニットを示す説明図である。

【図 2 5】

第 1 3 実施例の対物レンズユニットを示す説明図である。

【図 2 6】

第 1 4 実施例の光学装置の機能を示す概念図である。

【図 2 7】

第 1 4 実施例の光学装置の光学系全体の概略構成図である。

【図 2 8】

第 1 4 実施例の瞳面における対物レンズ瞳と測光系の開口、及び照明光束の関係を示す説明図である。

【符号の説明】

- 1            光学顕微鏡本体
- 2            ステージ
- 3            レボルバ
- 4            鏡筒
- 4 - 1       接眼レンズ穴
- 4 - 2       カメラ光路
- 5            接眼レンズ
- 5 - 1       接眼レンズ結像点
- 5 - 2       一次像位置
- 6            ベース
- 7, 2 1 0       対物レンズ
- 8, 1 0       偏光フィルタースライダー挿入穴
- 9            本体光路
- 9'           観察光路
- 1 1          結像レンズ

- 100 対物レンズ走査型顕微鏡
- 101, 155, 125, 131, 131', 135, 136, 150 照明
- ・検出器ユニット
- 102, 102', 103, 123 つまみ
- 104, 105 ケーブル
- 106, 159 半導体レーザー発振器
- 106-a 射出口
- 107 コリメーターレンズ
- 108 偏光ビームスプリッター
- 109  $\lambda/4$ 板
- 110 直角プリズム
- 111, 111' 光路切替え部材
- 112 集光レンズ
- 113 共焦点／非共焦点切替え部材
- 113-a 共焦点ピンホール
- 113-b 非共焦点開口
- 115 水銀灯
- 114, 126, 156 外側カバー
- 116 コレクターレンズ
- 117 ピンホール
- 118 光源装置
- 119 光電子像倍管
- 120 励起フィルター
- 121 ダイクロイックミラー
- 122 吸収フィルター
- 124 分光カセット
- 127 下側開口部
- 128 上側開口部
- 128' 通常観察時の反射光

1 2 8 - 1	信号光の円偏光光束
1 2 8 - 2	直線偏光光束
1 2 8 - 3	収束光束
1 2 9 - 1	広帯域照明光
1 2 9 - 2	平行照明光
1 2 9 - 3	励起光
1 3 0 - 1	第 1 の信号光 (蛍光 + 励起光)
1 3 0 - 2	第 2 の信号光 (蛍光)
1 3 0 - 3	第 3 の信号光 (蛍光)
1 3 0 - a	第 1 の結像点からの信号光
1 3 0 - b	第 2 の結像点からの信号光
1 3 2	照明・検出器光路
1 3 4	素通し光路
1 3 7 - 1	発散光
1 3 7 - 2	平行光束
1 3 7 - 3	直線偏光光束
1 3 7 - 4	円偏光光束
1 3 7 - 5	収束光
1 3 7 - 6	平行光束
1 3 8	リレーレンズ
1 3 9	照明光束
1 4 0, 1 4 0'	対物レンズ瞳
1 4 3 - a, b	測光ユニット 1 4 9 の有効開口
1 4 4	凹面鏡
1 4 5	ランプハウス
1 4 6	開口
1 4 8	シリコンフォトダイオード
1 4 9 - a, b	測光ユニット
1 5 1	枠

1 5 2	偏光ビームスプリッターカセット
1 5 3	U V 透過フィルター
1 5 4	集光点
1 5 7 - 1	平行信号光
1 5 7 - 2	収束信号光
1 5 9 - a	射出口
1 5 9 - b	入射口
1 6 1	共焦点ピンホール
1 6 2	照明系の有効開口
2 0 1, 2 4 4, 2 4 5, 2 4 6, 2 4 7, 2 4 8, 2 5 4	対物レンズユニット
2 0 2 x	X 方向駆動ケーブル
2 0 2 y	Y 方向駆動ケーブル
2 0 2 z	Z 方向駆動ケーブル
2 0 3	対物レンズコンポーネント
2 0 4, 2 2 2, 2 2 3, 2 2 6, 2 5 0	外枠
2 0 5 - a, 2 0 5 - b	渦巻き状板バネ
2 0 6	中間支持体
2 0 7	平行バネ
2 0 8	対物レンズ枠
2 0 9	蓋
2 1 0	対物レンズ
2 1 0 - a	第 1 の対物レンズ
2 1 0 - b	第 2 の対物レンズ
2 1 1	ヨーク
2 1 2	永久磁石
2 1 3	Z 方向駆動コイル
2 1 4	X 方向又は Y 方向駆動コイル
2 1 4 x	X 方向駆動コイル

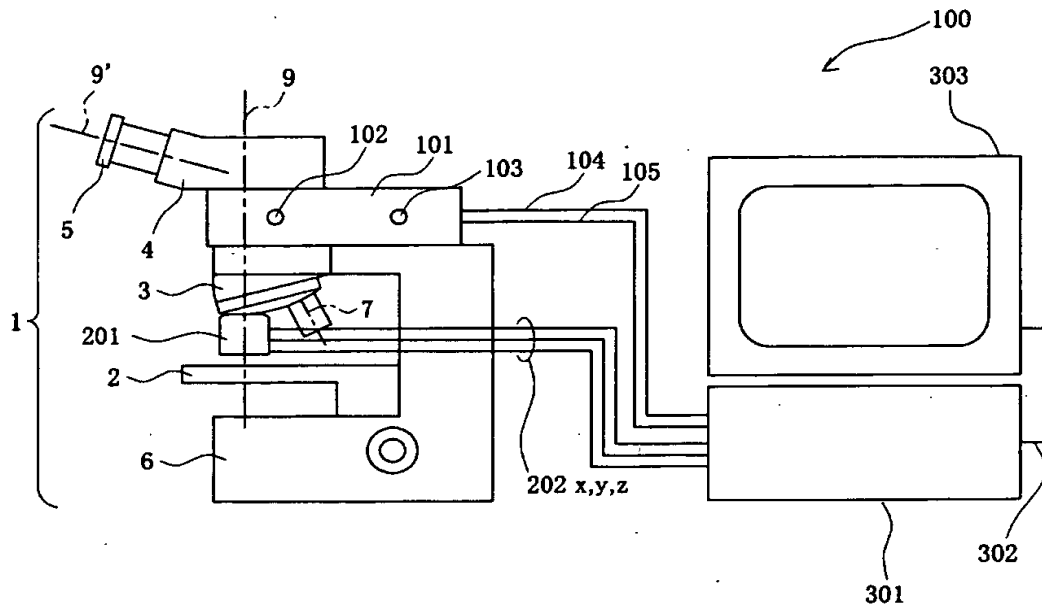
- 2 1 4 y Y 方向駆動コイル
- 2 1 5 x z, 2 1 5 y z VCM (ボイスコイルモーター)
- 2 1 6 弾性材料の膜で作られた部材
- 2 1 7 内枠
- 2 1 8 平行平板ガラス
- 2 1 9 試料
- 2 2 0 容器
- 2 2 1 水
- 2 2 4 先蓋
- 2 2 5 Oリング
- 2 2 7 円盤部材
- 2 2 8 足
- 2 2 9 容器状部材
- 2 3 0 気流
- 2 3 1 液体
- 2 3 2 神経細胞
- 2 3 3 ニューロン
- 2 3 4 - a 第 1 の観察点
- 2 3 4 - b 第 2 の観察点
- 2 3 5 Oリング溝
- 2 3 6, 2 3 8 ネジ
- 2 3 7 隙間
- 2 3 9 オスネジ
- 2 4 0, 2 4 1 開口
- 2 4 2 光軸
- 2 4 3 開口
- 2 4 9 くぼみ
- 2 5 1 開口部
- 2 5 2 液面

- 2 5 3      X Y Z 軸アクチュエーター
- 2 5 5 - a      第 1 の対物レンズの瞳
- 2 5 5 - a'      第 1 の対物レンズの瞳が移動する範囲
- 2 5 5 - b      第 2 の対物レンズの瞳
- 2 5 5 - b'      第 2 の対物レンズの瞳が移動する範囲
- 2 5 6 - a, 2 5 6 - b, 2 6 1      対物レンズの瞳位置における開口範囲
- 2 5 7      対物レンズ走査型顕微鏡ユニット
- 2 6 0 - a      第 1 の観察空間
- 2 6 0 - b      第 2 の観察空間
- 2 5 9      照明・検出器部分
- 3 0 1      制御部
- 3 0 2      モニターケーブル
- 3 0 3      モニター
- 3 0 4      レーザー駆動回路
- 3 0 5      信号増幅器
- 3 0 6 x      X 駆動回路
- 3 0 6 y      Y 駆動回路
- 3 0 6 z      Z 駆動回路
- 3 0 7      画像生成回路
- 3 0 8      記録装置
- 3 1 1      制御部
- 3 1 2      p n 接合間電圧モニター回路

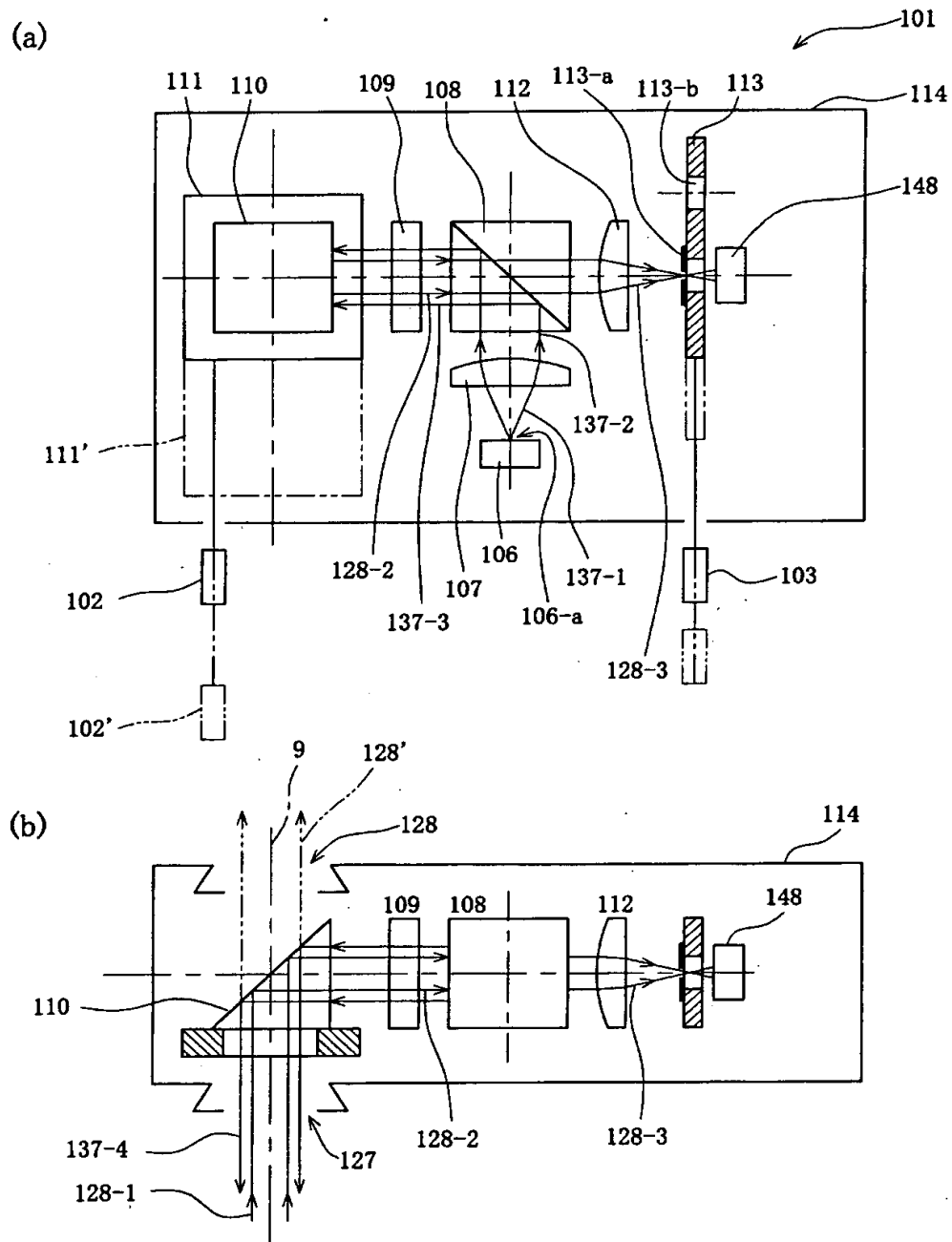


【書類名】 図面

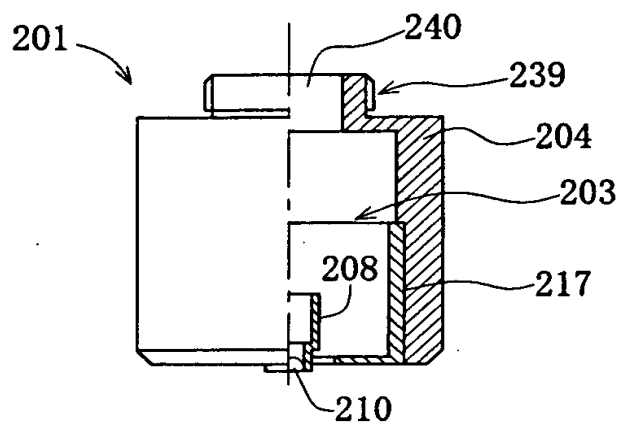
【図 1】



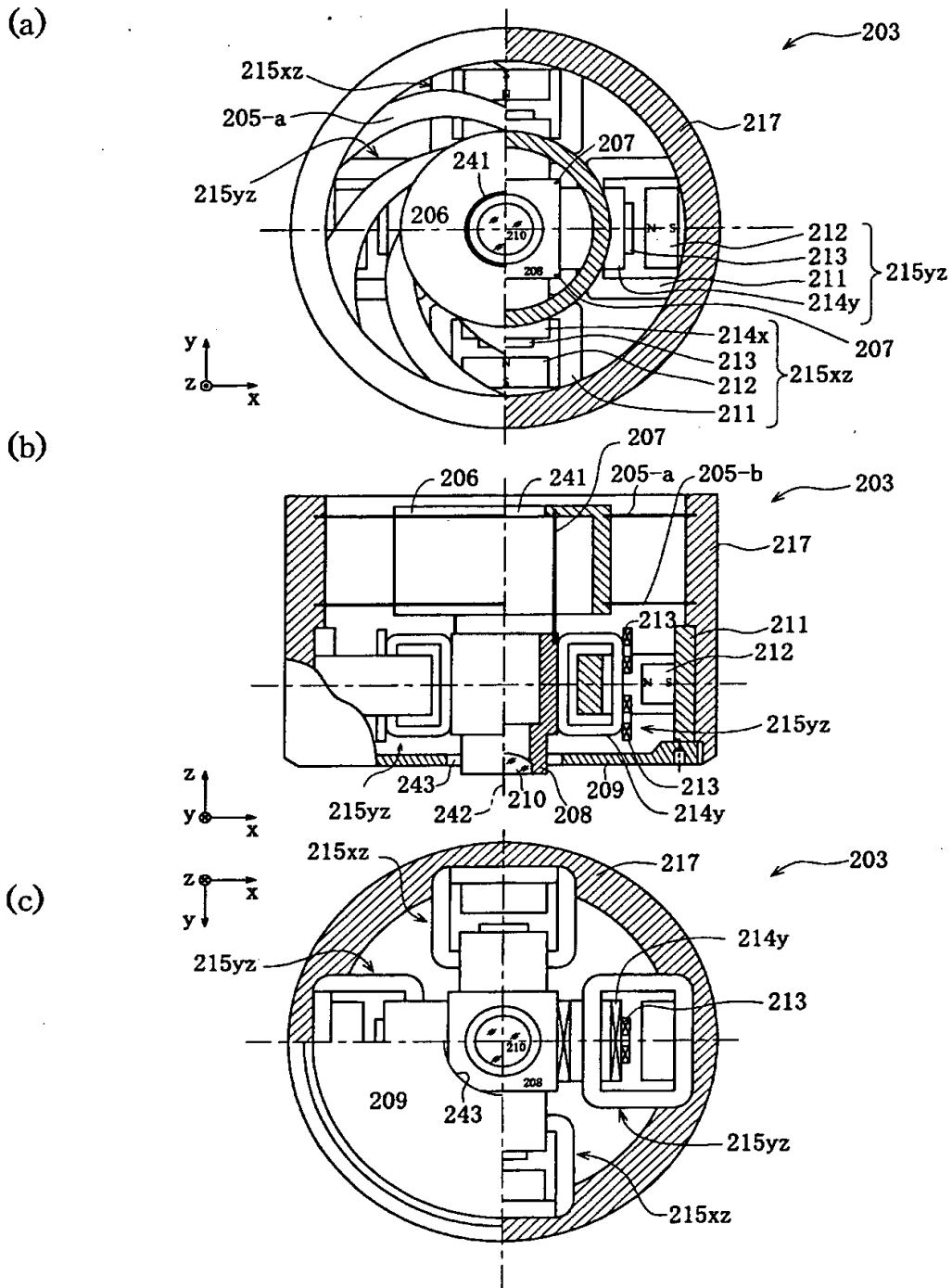
【圖 2】



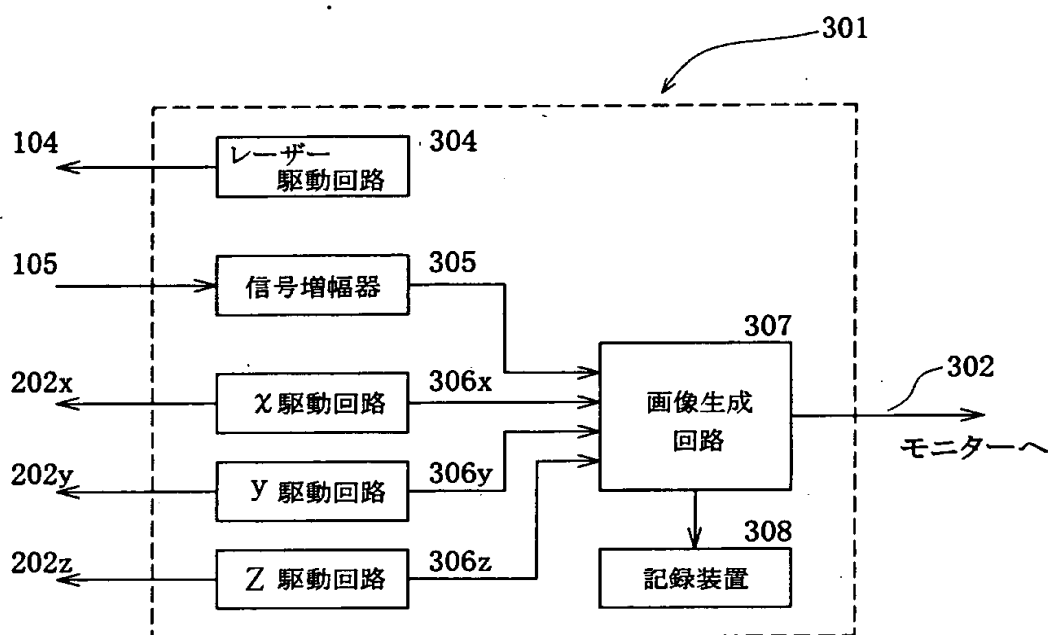
【図3】



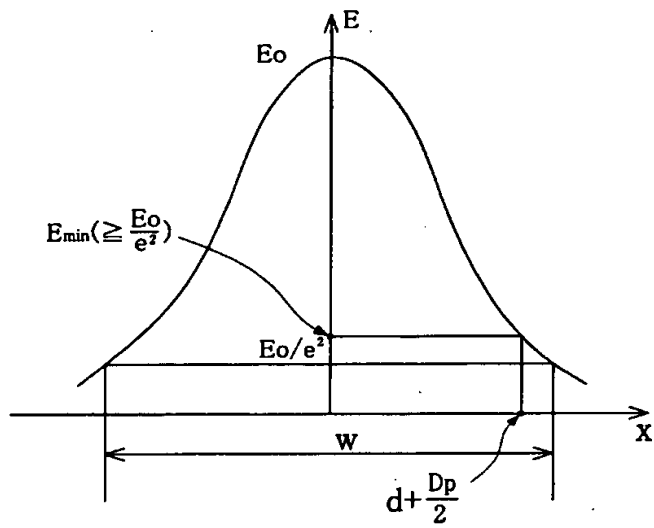
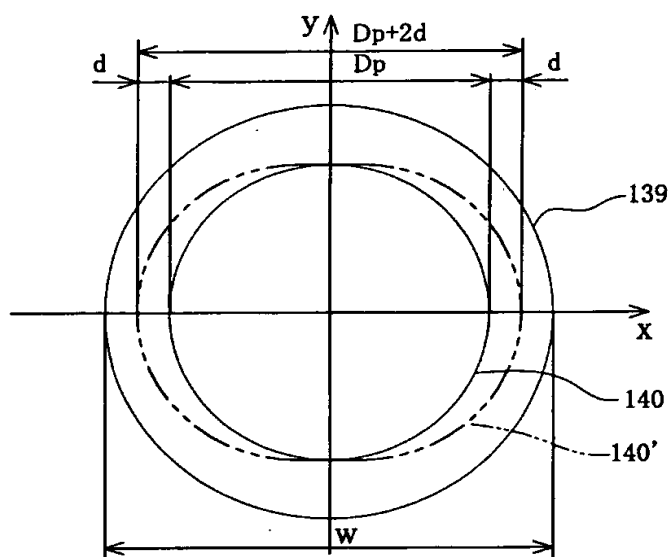
【図 4】



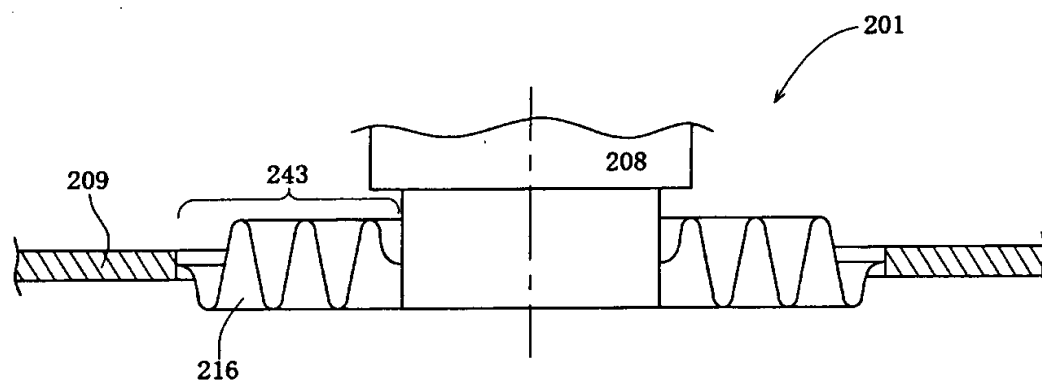
【図 5】



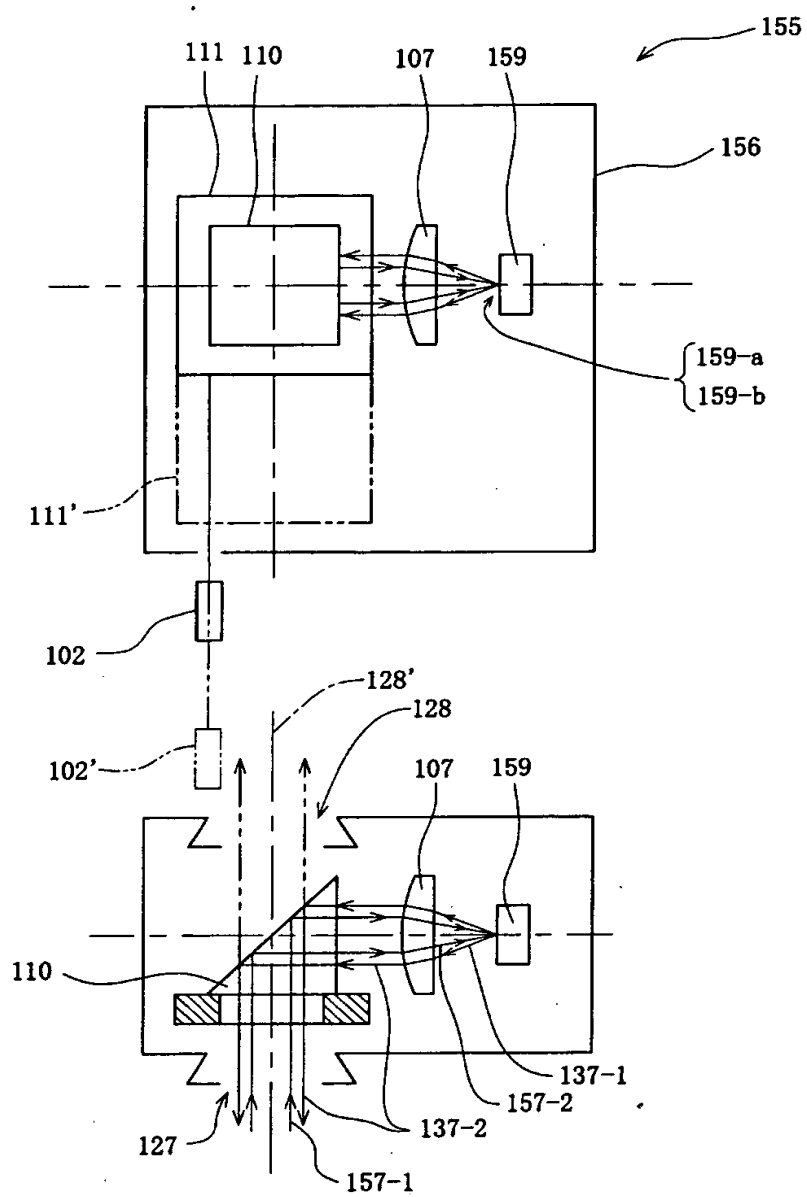
【図 6】



【図 7】

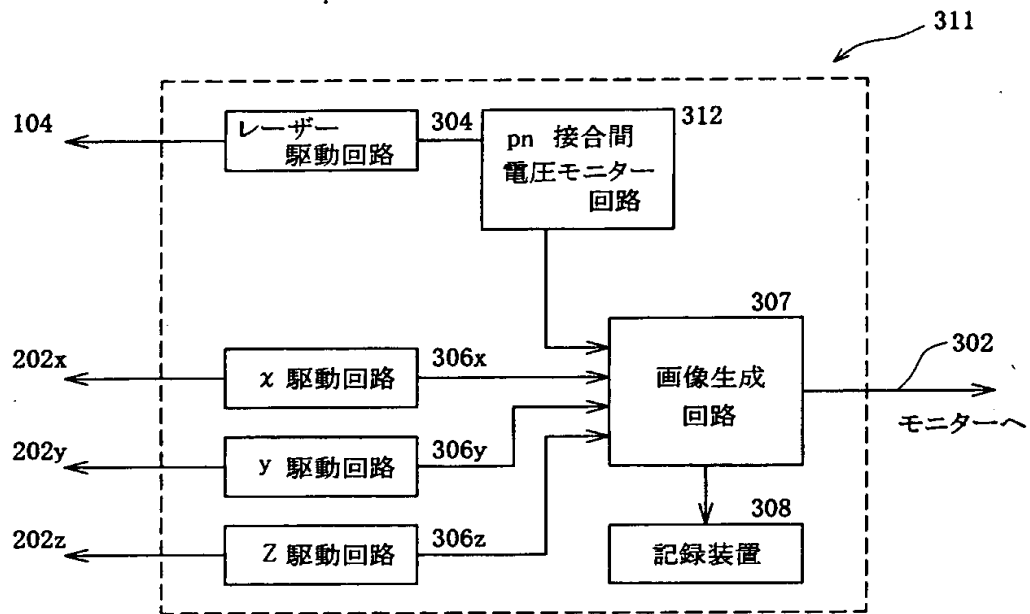


【図 8】



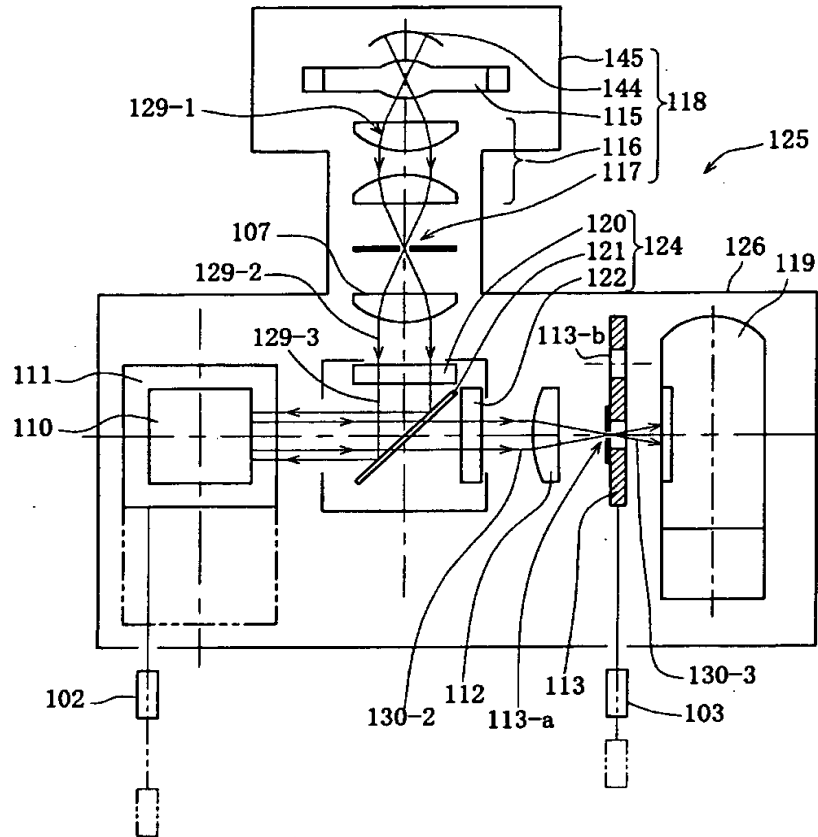


【図 9】

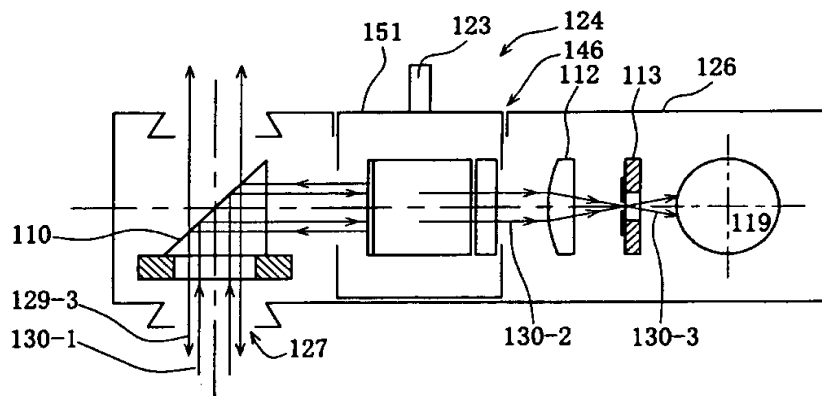


【図10】

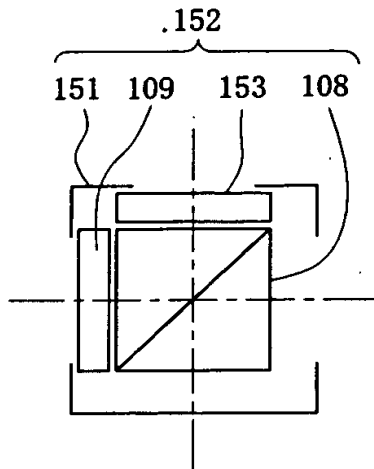
(a)



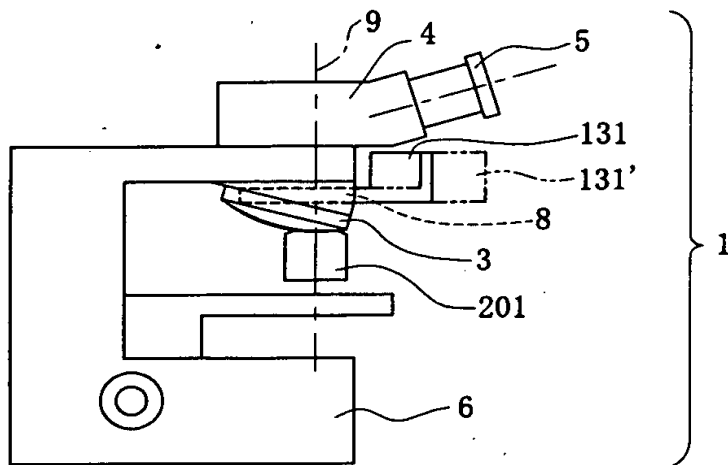
(b)



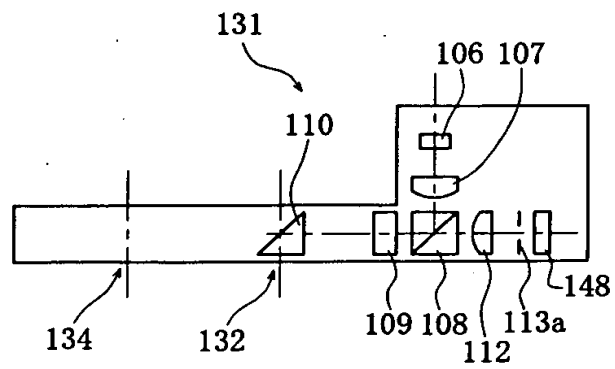
【図 1 1】



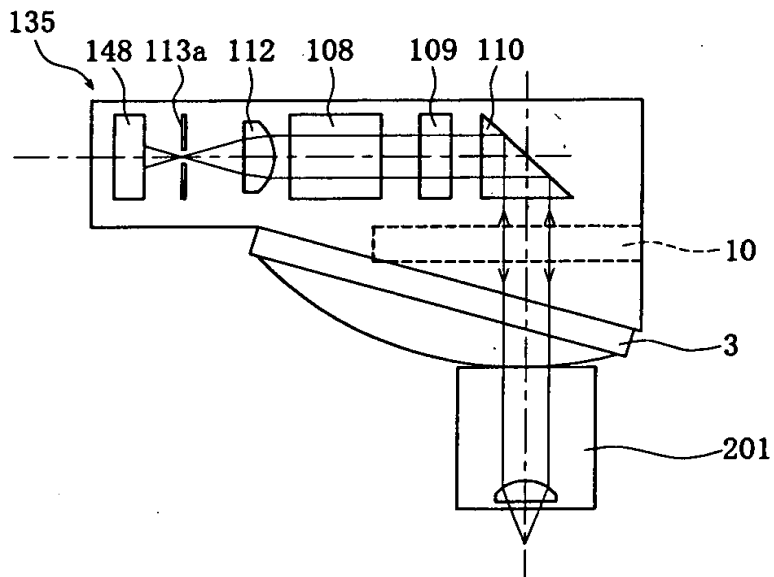
【図 1 2】



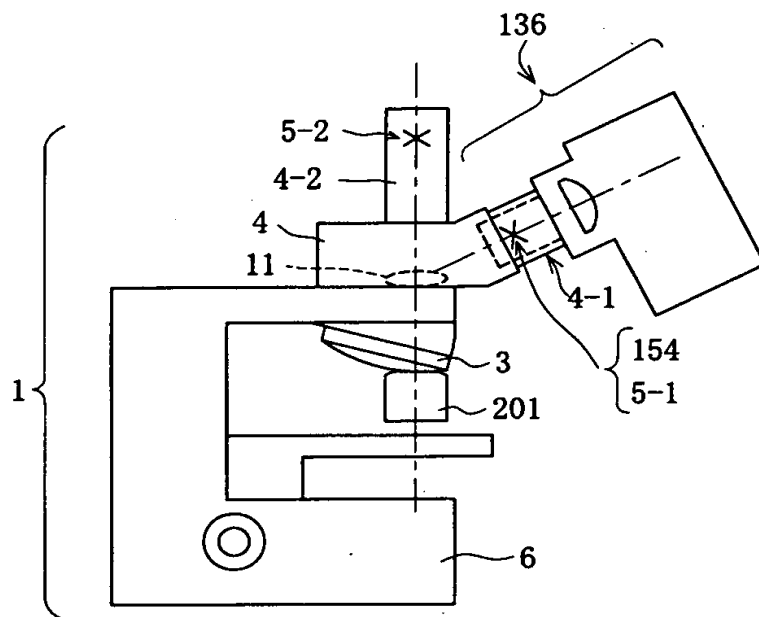
【図 1 3】



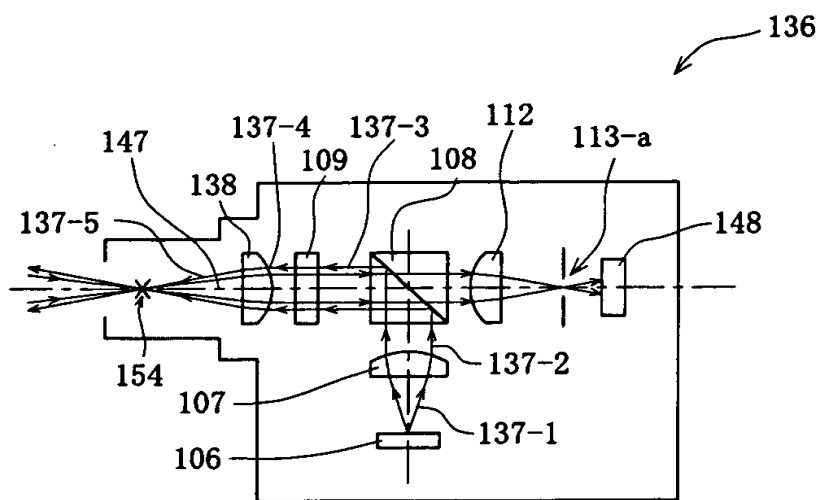
【図 1 4】



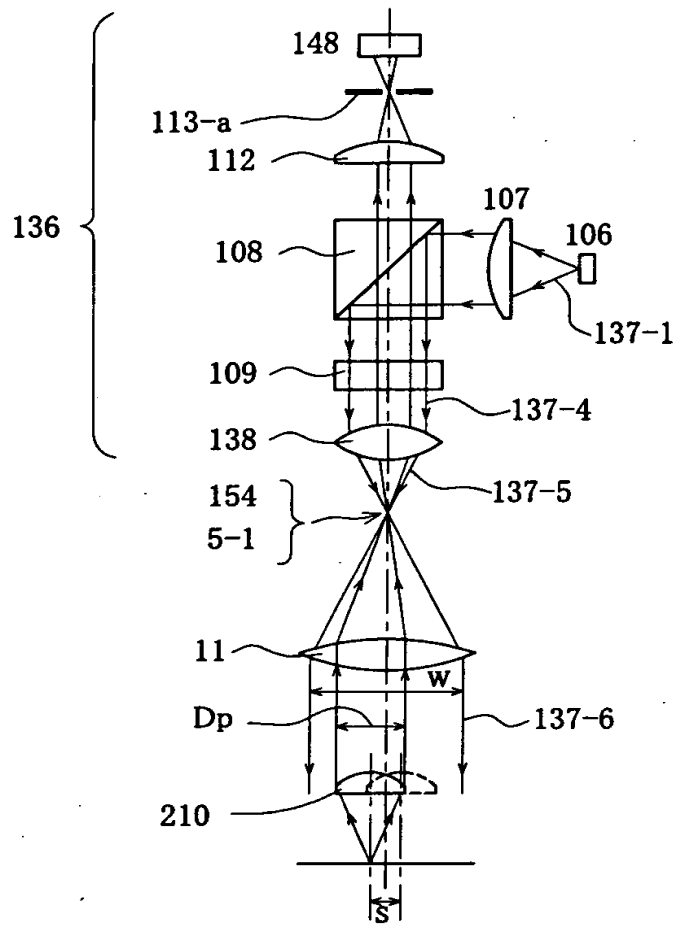
【図 15】



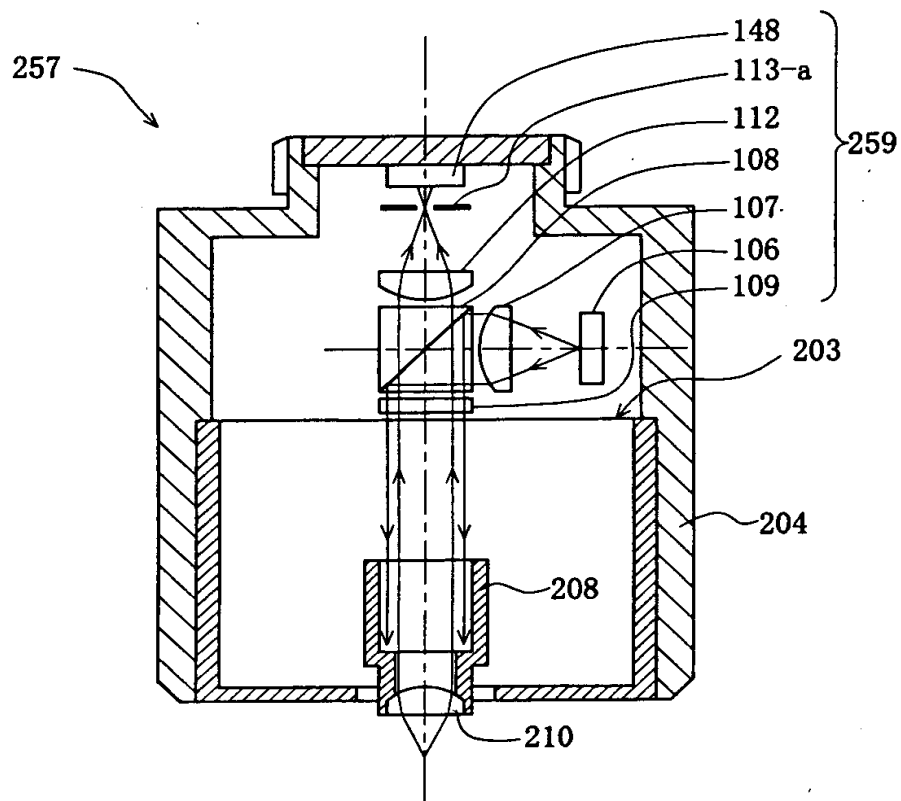
【図 16】



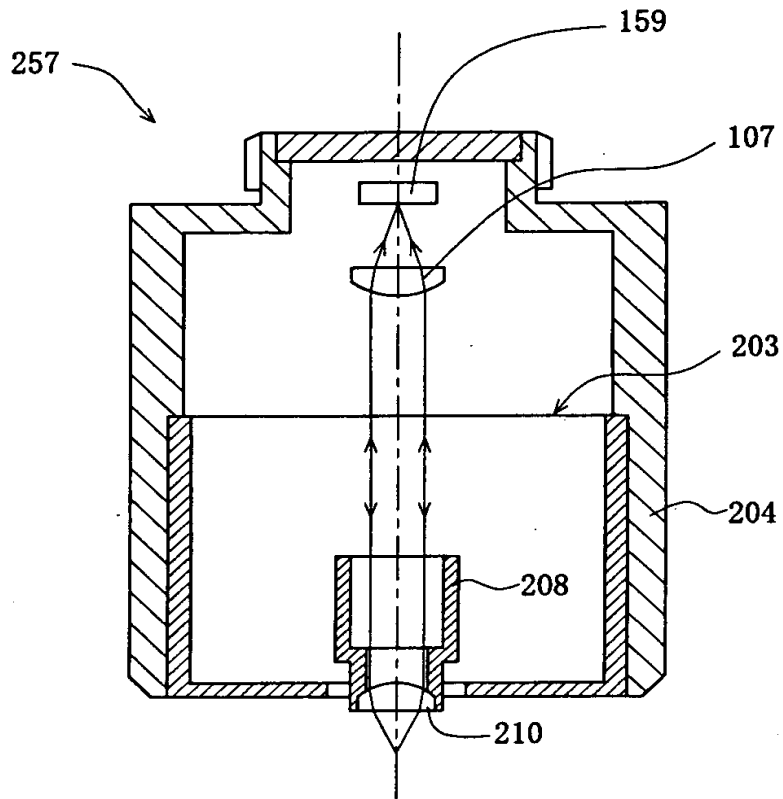
【図 17】



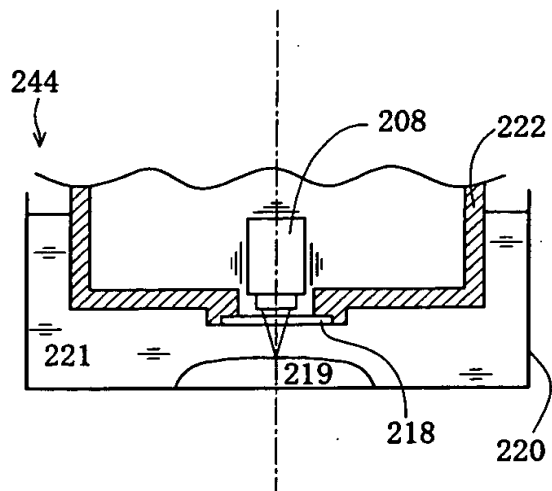
【図 1 8】



【図 19】

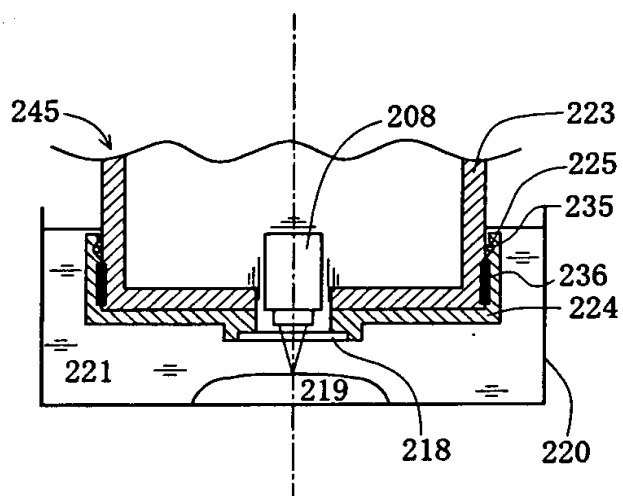


【図 20】

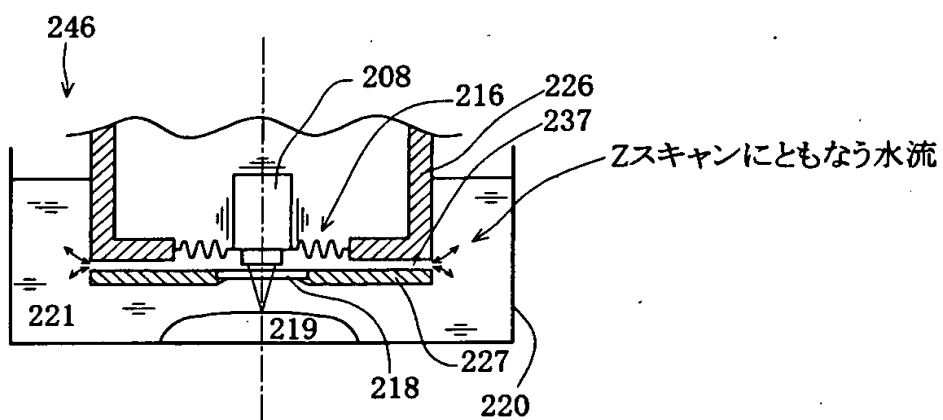




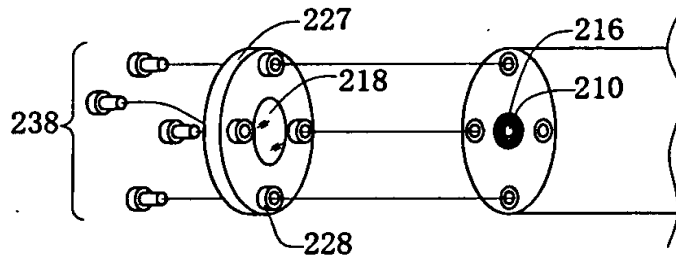
【図 2 1】



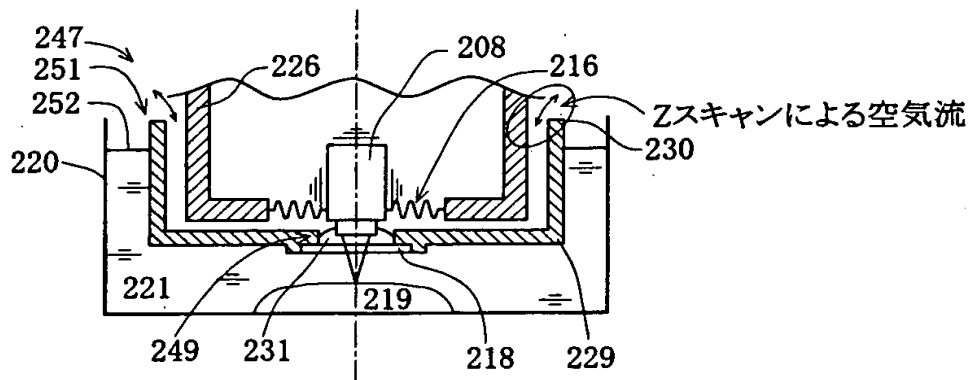
【図 2 2】



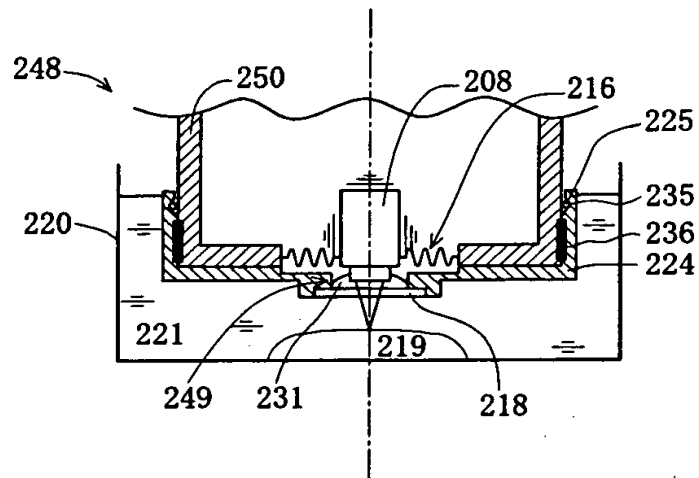
【図 2 3】



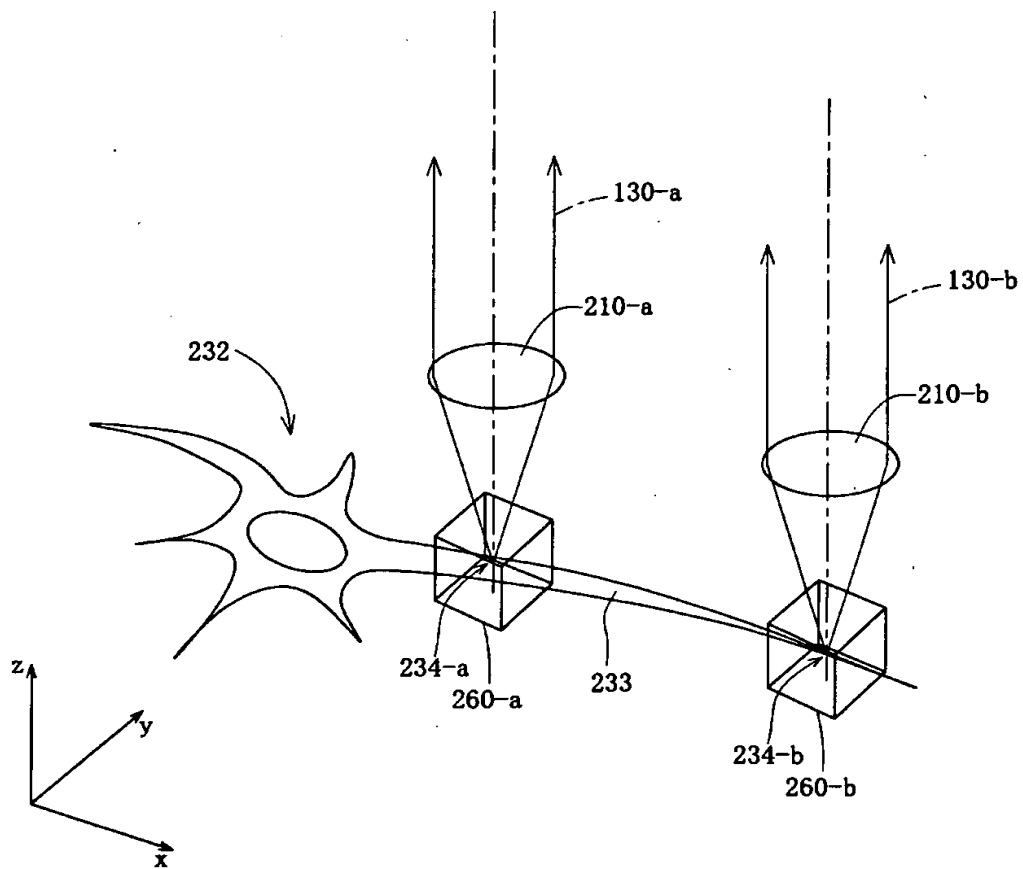
【図 2 4】



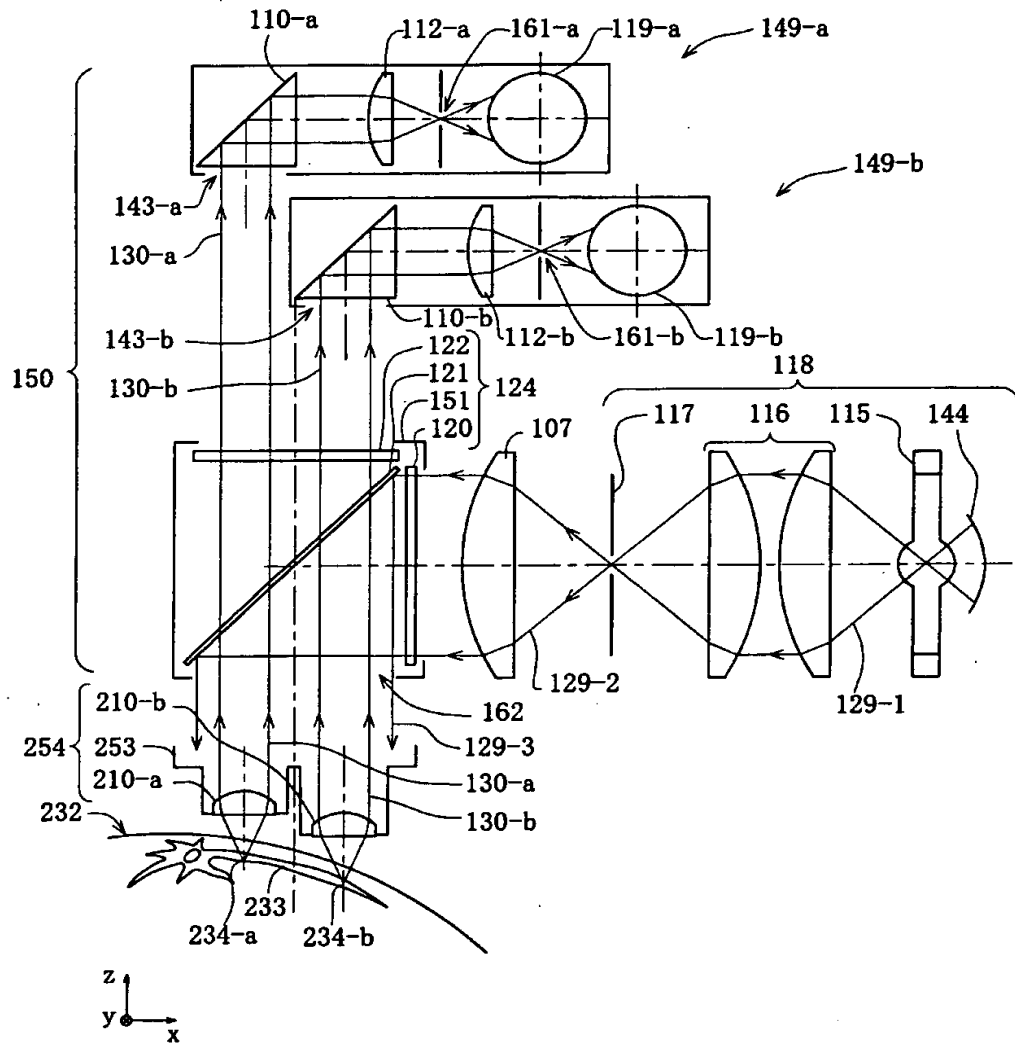
【図 25】



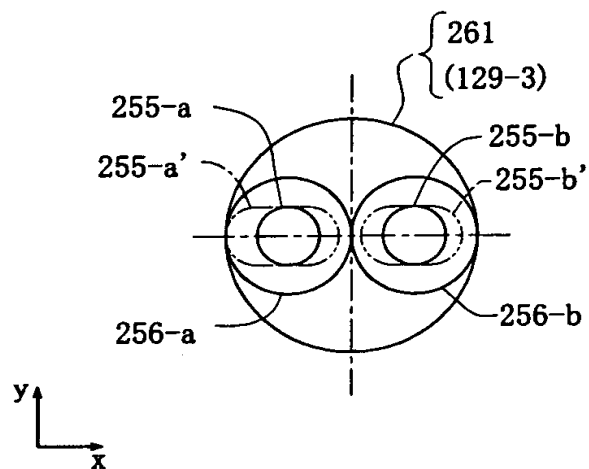
【図 26】



【図 27】



【図 2 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型で安価で高分解能、かつ普通の顕微鏡観察との切り替えを容易に行なうことができ、また、液浸観察時の走査振動による像への悪影響を防ぐ機能や、試料上の離れた複数箇所を同時かつ高倍率で観察する機能を備えた対物レンズユニット、対物レンズユニットを有する光学装置及びその光学装置を用いた観察方法を提供する。

【解決手段】 対物レンズユニット201は、対物レンズ210と、対物レンズ210を空間的に移動させることができるように保持する対物レンズ保持手段205、206、207、208と、対物レンズ210を駆動する少なくとも一組のアクチュエーター215yz、215xzと、対物レンズ210、対物レンズ保持手段およびアクチュエーターを一体的に保持する外枠部材204とを備えている。

【選択図】 図4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
氏 名 オリンパス光学工業株式会社